

**OPTICAL ELEMENT FOR CORRECTION OF CHROMATIC
ABERRATION, OPTICAL PICK-UP DEVICE HAVING OPTICAL
ELEMENT FOR CORRECTION OF CHROMATIC ABERRATION,
OPTICAL REPRODUCING DEVICE HAVING OPTICAL PICK-UP DEVICE
AND OPTICAL RECORDING AND REPRODUCING DEVICE**

Patent Number: ☐ US6570827

Publication date: 2003-05-27

Inventor(s): ICHIMURA ISAO (JP); OSATO KIYOSHI (JP); MAEDA FUMISADA (JP); SUZUKI
AKIRA (JP); WATANABE TOSHIO (JP); YAMAMOTO KENJI (JP)

Applicant(s): SONY CORP (JP)

Requested
Patent: ☐ JP2000019388

Application
Number: US19990336505 19990618

Priority Number
(s): JP19980184918 19980630

IPC
Classification: G11B7/00

EC
Classification:

Equivalents:

Abstract

This invention provides an optical element for correcting a chromatic aberration corresponding to a short wavelength of a light source and further provides an optical pick-up device having the optical element for correcting a chromatic aberration and adapting for a further higher recording density and larger capacity of the optical recording medium, the optical reproducing device and the optical recording and reproducing device. The optical element for correcting a chromatic aberration arranged between a light source such as a semiconductor laser or the like with a wavelength being 440 nm or less and an objective with numerical aperture NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at the d-line (587.6 nm) being 95.0 or less has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002] 1. Field of the Invention

[0003] This invention relates to an optical element for correcting a chromatic aberration, an optical pick-up device having the optical element for correcting a chromatic aberration, an optical reproduction device having this optical pick-up device and an optical recording and reproduction device, and more particularly an optical element for correcting a chromatic aberration generated at each of optical planes in an optical system, an optical pick-up device having the optical element for correcting a chromatic aberration, an optical reproduction device having this optical pick-up device and an optical recording and reproduction device.

[0004] 2. Description of the Related Art

[0005] ROM (Read-Only-Memory) type optical disc represented by a CD (Compact Disc), a RAM (Random Access Memory) type optical disc represented by a phase changing disc or a magneto-optic disc or an optical recording medium represented by an optical card and the like are widely used as storing media such as image information, audio information or programs for information equipment. In the case of these optical recording media, a high density and a large capacity have been gradually attained and in the case of the optical pick-up device corresponding to these optical pick-up devices, a short wave length formation of a light source, semiconductor laser, for example, or a large NA (Numerical Aperture) of an objective has been attained and a small diameter of a light collecting spot collected through the objective has been attained. For example, in the case of the CD which has been merchandised at a relative initial stage, a wave length of the light source is set to 780 nm, and to the contrary, in the case of DVD (Digital Video Disc or Digital Versatile Disc) which has been recently merchandised, a wave length of the light source is set to either 650 nm or 685 nm. However, in recent years, it has been desired to attain a higher density and a higher capacity of the optical recording medium and in correspondence with this trend, the wave length of the light source has been apt to show more and more a short wave length.

[0006] A chromatic aberration is an aberration which is generated when either a lens or an optical system must process either a multi wave length or a continuous wave length and a refractive index of optical material is made different in response to a wave length, resulting in that a focal distance of the objective is also made different. That is, since a refractive index of the optical material in a visual range shows a normal distribution, a refractive index for a blue light becomes a larger value than for a red light. For example, in the case of a convex type glass lens, a focal distance of blue light becomes shorter than a focal distance of red light. A wave length of laser light radiated from a semiconductor laser is generally a mono-chrome (a single mode) and it is assumed that there occurs no chromatic aberration, although actually it has a wave length width of about several nm or so. In addition, there is also a possibility of occurrence of a so-called mode hopping that a central wave length of a laser beam radiated from a semiconductor abruptly flies by several nm due to a variation in temperature or the like.

[0007] Accordingly, in the case that a short wave length semiconductor laser of about 440 nm or 440 nm or less, for example, is applied in an optical pick-up device corresponding to a higher density and a higher capacity of the optical recording medium, a chromatic aberration generated at the objective caused by a displacement of wave length becomes a non-allowable important problem. As to the fact that the chromatic aberration becomes high in response to a short wave length, it may be considered that there are two causes for it. A first cause consists in the fact that if a short wave length is applied in a usual objective, a variation of refraction index becomes large in respect to a minute variation in wave length and a defocusing amount which is an amount of motion of a focal point becomes large. A second cause consists in the fact that as a higher density and a higher capacity of the optical recording medium are attained, it is necessary to keep a diameter of a converging spot to be converged by the objective as less as possible, although as a depth of focus (d) of the objective is expressed by an equation of $d = [\lambda] / (NA)$ (where, $[\lambda]$ is a wave length $[\lambda]$ of a light source and NA is a numerical aperture of the objective), the depth of focus (d) becomes low as the wave length to be handled is short and even a slight defocusing is not allowed.

[0008] In order to keep the chromatic aberration of the objective low, it can be applied that optical material having a low dispersion property is used as the objective, although the chromatic aberration is even high under a short wave length. In addition, although it is possible that the objective is an achromatic lens composed of a plurality of lenses, a weight of the achromatic lens composed of a plurality of lenses becomes heavy. For example, in the case that the achromatic lens having a heavy weight is used as an objective and this objective is applied in a double-axis actuator for use in controlling and driving the objective in a focusing direction and a tracking direction, there occurs a possibility that servo quality such as focusing servo property and tracking servo property is reduced. In addition, in the case that the heavy achromatic lens is used as an objective, a high current is required in a drive power supply for the double-axis actuator and at the same time a drive circuit or a power supply or the like becomes large in size, resulting in that this may prohibit a small-sized formation of the optical pick-up device, the optical reproducing device provided with this optical pick-up device or the optical recording and reproducing device.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0009] The present invention provides an optical element for correcting chromatic aberration in correspondence with a formation of short wavelength of the light source and provides an optical pick-up device, an optical reproducing device and an optical recording reproducing device in correspondence with a higher recording density and a higher capacity of the optical recording medium under application of this optical element for correcting chromatic aberration.

[0010] In order to solve the aforesaid subject matter, the optical element for correcting chromatic aberration of the present invention defined in claim 1 is arranged between a light source such as a semiconductor laser or the like with a wavelength being less than 440 nm and an objective with NA being 0.55 or more, with a focal distance being 1.8 mm or more and with an Abbe number at the d-line (Fraunhofer's d-line of 587.6 nm, the color produced by an emission line of helium) being 95.0 or less, wherein the optical element for correcting chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number of the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number of the d-line being 35 or less.

[0011] The optical element for correcting chromatic aberration of the present invention defined in claim 2 is arranged between a light source such as a semiconductor laser or the like with a wavelength being less than 440 nm and an objective composed of two lenses with NA being 0.70 or more, with a focal distance being 1.4 mm or more and with an Abbe number at the d-line being 95.0 or less, wherein the optical element for correcting chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number of the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number of the d-line being 35 or less.

[0012] That is, the optical element for correcting chromatic aberration of the present invention defined in claims 1 and 2 is constructed such that the optical element is arranged between the light source and the objective irrespective of whether or not a flux of light at a position where the optical element is arranged is a converging flux of light or a diverging flux of light, a chromatic aberration of polarity opposite to that of the chromatic aberration generated at other optical surfaces is generated at an uneven surface through which the light passes. Accordingly, an uneven surface where the light passes through the objective and focuses at a focal point is kept at a state in which the chromatic aberration is cancelled, and an entire optical system becomes a system in which a superior correction of chromatic aberration is carried out within a range of variation of wavelength at the light source.

[0013] The chromatic aberration is generated when a refractive index (n) of optical material is changed only by $[\Delta]n$ due to a variation in wavelength $[\Delta]\lambda$ of the light source. Then, a variation $[\Delta]f$ of a focal distance (f) of a thin lens is given by a following equation (1):

$$[0014] \quad ([\Delta]f/f) + [\Delta]n/(n-1) = 0 \quad (1)$$

[0015] wherein:

$$[0016] \quad [\Delta]n/(n-1) = (nF - nC)/(nd - 1) = vD,$$

[0017] $[\Delta]f = [\Delta]F - C$ cause a following equation (2) to be attained,

[0018] vD is an Abbe number,

[0019] $[\Delta]F - C$ is a variation in focal distance at a line C and at a line F,

[0020] nF, nC, nd are refractive indexes against a Fraunhofer's lines F (486.1 nm), line C (656.3 nm) and d-line (587.6 nm), respectively.

$$[0021] \quad [\Delta]F - C = -f/vD \quad (2)$$

[0022] A chromatic aberration of the objective appears as an absolute value of variation in a focal distance (f) and as apparent from the above equation (2), the larger the focal distance (f), the larger a chromatic aberration, or the smaller the Abbe number vD of the optical material constituting the objective, the larger a chromatic aberration. Further, a depth of focus of the objective is given by $d = [\Delta]f/(NA)$, the shorter a wavelength or the larger a value of NA, the smaller a depth of focus, and the larger a deterioration of optical property caused by the chromatic aberration.

[0023] The optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention has a configuration of two lenses in 1-group or one lens in 2-groups and it is preferable to make a configuration under a combination of a convex lens with an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less. A chromatic aberration can be expressed as a variation $[\Delta]K$ of a refraction force K. When a refraction force of the objective is defined as K1, a variation $[\Delta]K1$ of the refraction force under variation of the wavelength is expressed by a following equation (3);

$$[0024] \quad [\Delta]K1 = K1 \cdot [\Delta]n/(n+1) \quad (3)$$

[0025] If it is assumed that a variation $[\Delta]n$ of a refractive index (n) of the optical material caused by a variation in wavelength of the light source is defined as $[\Delta]n > 0$, K1 is a positive value due to the fact that it is a refraction force of the converging lens and then $[\Delta]K1$ becomes $[\Delta]K1 > 0$ in reference to equation (3). In order to eliminate this state, it is satisfactory that an amount of variation $[\Delta]K$ caused by a wavelength of a composite refraction force $K = K2 + K3$ of the optical element for correcting a chromatic aberration comprised of two lenses in one group or two lenses in two groups expressed by a following equation (4) becomes $[\Delta]K < 0$.

$$[0026] \quad [\Delta]K = (K2/v2) + (K3/v3) < 0 \quad (4)$$

[0027] wherein:

[0028] K2 and K3 are refraction forces of each of the two lenses in one group or one lens in two

groups, and

[0029] v2 and v3 are Abbe numbers of each of two lenses in one group or one lens in two groups.

[0030] Further, in the case that the optical element for correcting a chromatic aberration is arranged in a beam with narrow widening angle radiated from the light source such as a semiconductor laser or the like or a substantial collimator optical path, the optical element for correcting a chromatic aberration has scarcely a power as compared with the refraction force K1 of the objective, resulting in that it is possible to assume that an equation of $K=K2+K3=0$ is attained and $K2=-K3$ is accomplished. Accordingly, equation (4) becomes as follows.

[0031] $K2/v20$ is attained, i.e. a convex lens is applied, a relation of $K3V3$ is attained. To the contrary, if it is assumed that $K20$ is attained, i.e. a convex lens is applied and a relation of $V2$ [0033] The optical pick-up device of the present invention defined in claim 3 is an optical pick-up device comprising a light source with at least a wavelength being 440 nm or less, an objective with NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less, and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between the light source and the objective, wherein the optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0034] The optical pick-up device of the present invention defined in claim 4 is an optical pick-up device comprising a light source with at least a wavelength being 440 nm or less, an objective composed of two lenses with NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less, and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between the light source and the objective, wherein the optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0035] The optical reproducing device of the present invention defined in claim 6 is an optical reproducing device comprising an optical pick-up device including a light source with at least a wavelength being 440 nm or less, an objective with NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between the light source and the objective, and a controlling and driving means for controlling and driving the optical pick-up device to a tracking direction, wherein the optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0036] The optical reproducing device of the present invention defined in claim 7 is an optical reproducing device comprising an optical pick-up device including a light source with at least a wavelength being 440 nm or less, an objective composed of two lenses with NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between the light source and the objective, and a controlling and driving means for controlling and driving the optical pick-up device to a tracking direction, wherein the optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0037] The optical recording and reproducing device of the present invention defined in claim 9 is an optical recording and reproducing device comprising an optical pick-up device including a light source with at least a wavelength being 440 nm or less, an objective with NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between the light source and the objective, and a controlling and driving means for controlling and driving the optical pick-up device to a tracking direction, wherein the optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0038] The optical recording and reproducing device of the present invention defined in claim 10 is an optical recording and reproducing device comprising an optical pick-up device including a light source with at least a wavelength being 440 nm or less, an objective composed of two lenses with NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between the light source and the objective, and a controlling and driving means for controlling and driving the optical pick-up device to a tracking direction, wherein the optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0039] Action caused by the aforesaid means will be described as follows. Although achromatic aberration generated at the objective becomes large as a wavelength of the light source becomes short, arrangement of the optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention between the light source and the objective enables the chromatic aberration to be sufficiently corrected even if a central wavelength of the light source is 440 nm or less and has about several nm wavelength range, for example, or even if a central wavelength shows a mode hopping by about several nm due to

a variation in temperature. In addition, it is possible for the optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention to act as a function of a collimator lens constituting the optical pick-up device, i.e. a function for changing a radiated light from the light source into a parallel flux of light and then it becomes possible to perform a sufficient correction of the chromatic aberration without increasing the number of optical component parts constituting the optical pick-up device. Accordingly, in the case of the optical pick-up device provided with the optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention, there is no possibility of occurrence of the chromatic aberration even if the light source of wavelength of about 440 nm or 440 nm or less is used and further it becomes possible that the optical reproducing device and the optical recording and reproducing device may accommodate for a higher recording density of the optical recording medium.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0040] FIG. 1 is a schematic configuration view for showing an optical system in which an optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention is arranged.

[0041] FIG. 2 is a schematic configuration view for showing an optical system in which an optical element for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of an optical system in FIG. 1.

[0042] FIG. 3A shows a spherical aberration in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1.

[0043] FIG. 3B shows an astigmatism in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1.

[0044] FIG. 3C shows an aberration of distortion in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1.

[0045] FIG. 4A shows a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1.

[0046] FIG. 4B shows a lateral aberration on axis in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1.

[0047] FIG. 5 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 2 when no variation in wavelength occurs.

[0048] FIG. 6 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 2 when a variation in wavelength is +5 nm.

[0049] FIG. 7 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively.

[0050] FIG. 8 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1 when a variation in wavelength is +5 nm.

[0051] FIG. 9 is a schematic configuration view for showing an optical system in which another optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention is arranged.

[0052] FIG. 10 is a schematic configuration view for showing an optical system in which an optical element for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of an optical system in FIG. 9.

[0053] FIG. 11A shows a spherical aberration in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9.

[0054] FIG. 11B shows an astigmatism in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9.

[0055] FIG. 11C shows an aberration of distortion in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9.

[0056] FIG. 12A shows a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9.

[0057] FIG. 12B shows a lateral aberration on axis in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9.

[0058] FIG. 13 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 10 when no variation in wavelength occurs.

[0059] FIG. 14 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 10 when a variation in wavelength is +5 nm.

[0060] FIG. 15 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9 when a variation in wavelength is +5 nm.

[0061] FIG. 16 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively.

[0062] FIG. 17 is a schematic configuration view for showing an optical system in which a still further

optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention is arranged.

[0063] FIG. 18A shows a spherical aberration in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17.

[0064] FIG. 18B shows an astigmatism in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17.

[0065] FIG. 18C shows an aberration of distortion in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17.

[0066] FIG. 19A shows a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17.

[0067] FIG. 19B shows a lateral aberration on axis in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17.

[0068] FIG. 20 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17 when a variation in wavelength is +5 nm.

[0069] FIG. 21 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17 when an optical element for correcting a chromatic aberration is not arranged and a variation in wavelength is +5 nm.

[0070] FIG. 22 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 410 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 410 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively.

[0071] FIG. 23 is a schematic configuration view for showing an optical system in which an optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention is arranged in dispersion light.

[0072] FIG. 24A shows a spherical aberration in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23.

[0073] FIG. 24B shows an astigmatism in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23.

[0074] FIG. 24C shows an aberration of distortion in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23.

[0075] FIG. 25A shows a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23.

[0076] FIG. 25B shows a lateral aberration on axis in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23.

[0077] FIG. 26 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23 when a variation in wavelength is +5 nm.

[0078] FIG. 27 is a view for showing an intensity distribution of point image in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23 when an optical element for correcting a chromatic aberration is not arranged and a variation in wavelength is +5 nm.

[0079] FIG. 28 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively.

[0080] FIG. 29 is a schematic configuration view for showing an optical pick-up device of the present invention.

[0081] FIG. 30 is a schematic configuration view for showing an optical recording and reproducing device of the present invention.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0082] This invention can be applied to an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between a light source and an objective in an optical system for use in recording and reproducing information in an optical recording medium such as a ROM type optical disc represented by a CD or the like, a RAM type optical disc represented by a phase changing disc or a magneto-optic disc or an optical card and the like. In addition, the present invention can be applied to an optical pick-up device for reproducing information or recording and reproducing it in an optical recording medium, an optical reproducing device having this optical pick-up device, and an optical recording and reproducing device. Referring now to FIGS. 1 to 30, some preferred embodiments of the present invention will be described as follows.

[0083] At first, referring to FIG. 1 for showing a schematic configuration view of an optical system, there will be described an example in which a wavelength of a light source is 440 nm or less, an objective 2 is a single lens with NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less, an optical element 1 for correcting a chromatic aberration of the present invention is arranged between the light source and the objective. In addition, in Tables 1 and 2 are indicated design values at a wavelength of 440 nm in the optical system in the schematic configuration figure of the optical system shown in FIG. 1 and at a wavelength of 650 nm in which the

optical element 1 for correcting a chromatic aberration is not used, and a spherical aberration is shown in FIG. 3A, an astigmatism is shown in FIG. 3B, an aberration of distortion is shown in FIG. 3C, a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] is shown in FIG. 4A and a lateral aberration on an axis is shown in FIG. 4B, respectively.

[0084] The schematic configuration figure of an optical system shown in FIG. 1 shows a so-called limitless optical system where an item point is positioned at a limitless far location, wherein the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is arranged between a light source such as a semiconductor laser or the like (not shown) and an objective 2. The optical element 1 for correcting a chromatic aberration is comprised of two lenses in one group, wherein a convex lens 1a positioned at the light source side and a concave lens 1b positioned at a side of the objective 2 are adhered to each other. Then, the convex lens 1a is made of optical material having a low dispersion with an Abbe number at the d-line being 55 or more and the concave lens 1b is made of optical material having a high dispersion with an Abbe number at the d-line being 35 or less. With such an arrangement as above, a negative refraction force is provided by a refraction at an adhered plane between the convex lens 1a and the concave lens 1b and a refraction at a radiated plane (an opposing plane with the objective 2) of the concave lens 1b, a high chromatic aberration is produced when a wavelength of the light source is varied. The chromatic aberration generated in this case has a polarity opposite to that of the chromatic aberration mainly generated with a positive refraction force of the objective, the chromatic aberration is cancelled when a focal point is attained and the chromatic aberration in an entire optical system can be well corrected within a range of variation of wavelength of the light source.

[0085] FIG. 2 is a schematic configuration view for showing an optical system in which an optical element 1 for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of an optical system in FIG. 1. In the case that the light source is a semiconductor laser, for example, a variation in wavelength of the light source shows a mode hopping in which a central wavelength abruptly flies by about several nm due to a wavelength width of about several nm and a variation in temperature generated when a high frequency overlapping is applied to a drive current of the semiconductor laser. In particular, in the case that the semiconductor laser has a short wavelength of about 440 nm or 440 nm or less, a usual lens having no correction of chromatic aberration shows a high variation in refractive index in respect to a minute variation in wavelength and there is a possibility that non-allowable chromatic aberration is generated. In addition, since a depth of focus is also low, a slight defocusing generated under a chromatic aberration becomes highly a problem against the optical recording medium 3 which is apt to attain a high density and high capacity. In the schematic configuration view for showing the optical system in FIG. 2, if the wavelength of the light source is displaced in such a direction as one in which it is elongated, a focal distance of the objective 2 is increased and at the same time a defocused state (out of a depth of focus) occurs at an information recording surface 3a of the optical recording medium 3, resulting in that a diameter of converging spot at the information recording surface 3a is increased to cause a high quality recording and reproducing of information to become difficult.

[0086] In the schematic configuration view of the optical system shown in FIG. 2, a distribution of point image intensity in the case of no variation in wavelength is shown in FIG. 5 and a distribution of point image intensity in the case of variation in wavelength of +5 nm is shown in FIG. 6.

[0087] As shown in FIG. 5, an intensity in the intensity distribution of point image is expressed with Strehl values in which an ideal image focusing state is standardized at 100%, wherein a criterion (uneven surface aberration of 0.07 rms [λ]) of Marechal which is a lower limit of a superior image reached an optical diffraction limit approximately corresponds to 80%. However, in the optical system shown in FIG. 2 in which the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of the optical system shown in FIG. 1, it is apparent that a center of the distribution of the point image intensity is 77% lower than 80%, as shown in FIG. 6, when a variation in wavelength is +5 nm and a sufficient converging spot may not be attained.

[0088] FIG. 7 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively. As apparent from FIG. 7, it is apparent that if the wavelength is 650 nm, a correction of chromatic aberration is not required even if the wavelength is changed from -10 nm to +10 nm against the central wavelength, and to the contrary, when the wavelength is 440 nm, no correction of chromatic aberration causes a Strehl value to become 80% or less under a variation of +5 nm or more and then the chromatic aberration is required to be corrected. Then, it is apparent in the schematic configuration view for showing the optical system having the optical element 1 for correcting the chromatic aberration shown in FIG. 1 that a center of the distribution of point image intensity is 99% higher than 80% and it reaches sufficiently to a diffraction limit without producing any defocusing state as apparent from FIG. 8 for indicating the distribution of point image intensity when the variation in wavelength is +5 nm.

[0089] The chromatic aberration of the objective 2 of a single lens as shown in FIG. 2 is deteriorated as a wavelength is shorter as described above, as a value of NA is higher, as a focal distance is longer or

as an Abbe number of the optical material constituting the objective 2 is smaller.

[0090] Accordingly, in reference to interface values of optical dimensions indicated in the schematic configuration view of FIG. 1, the objective 2 of a single lens having a light source with a wavelength being 440 nm or less, with a value of NA being 0.55 or more, with a focal distance being 1.8 mm and with an Abbe number at the d-line being 95.0 or less may generate a high chromatic aberration which can not be allowed. That is, as shown in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 1, it is apparent that it is necessary to correct a chromatic aberration under application of the optical element 1 for correcting chromatic aberration.

[0091] Referring next to FIG. 9 of a schematic configuration of the optical system, there will be described an example in which a wavelength of a light source is 440 nm or less, an objective 2 is composed of two lenses with NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at the d-line being 95.0 or less, an optical element 1 for correcting a chromatic aberration of the present invention is arranged between the light source and the objective 2. In addition, in Tables 3 and 4 are indicated design values at a wavelength of 440 nm in the optical system in the schematic configuration figure of the optical system shown in FIG. 9 and at a wavelength of 650 nm in which the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is not used, and a spherical aberration is shown in FIG. 11A, an astigmatism is shown in FIG. 11B, an aberration of distortion is shown in FIG. 11C, a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] is shown in FIG. 12A and a lateral aberration on an axis is shown in FIG. 12B, respectively. In addition, as shown in FIG. 9, a reason why the objective 2 is composed of two lenses consists in the fact that it is quite hard to realize the objective 2 of a single lens with NA being 0.70 or higher in view of machining the lens.

[0092] The schematic configuration view of an optical system shown in FIG. 9 shows a so-called limitless optical system where an item point is positioned at a limitless far location, wherein the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is arranged between a light source such as a semiconductor laser or the like (not shown) and an objective 2. The optical element 1 for correcting a chromatic aberration is comprised of two lenses in one group, wherein a convex lens 1a positioned at a side of the light source and a concave lens 1b positioned at a side of the objective 2 are adhered to each other. Then, the convex lens 1a is made of optical material having a low dispersion with an Abbe number at the d-line being 55 or more and the concave lens 1b is made of optical material having a high dispersion with an Abbe number at the d-line being 35 or less. With such an arrangement as above, a negative refraction force is provided by a refraction at an adhered plane between the convex lens 1a and the concave lens 1b and a refraction at a radiated plane (an opposing plane with the objective 2) of the concave lens 1b, resulting in that a high chromatic aberration is produced when a wavelength of the light source is varied. The chromatic aberration generated in this case has a polarity opposite to that of the chromatic aberration mainly generated with a positive refraction force of the objective 2, the chromatic aberration is cancelled when a focal point is attained and the chromatic aberration in an entire optical system can be well corrected within a range of variation of wavelength of the light source.

[0093] FIG. 10 is a schematic configuration view for showing an optical system in which an optical element 1 for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of an optical system in FIG. 9. In addition, in the schematic configuration view for showing an optical system shown in FIG. 10, a distribution of point image intensity under no variation of wavelength is shown in FIG. 13 and a distribution of point image intensity under a variation of wavelength of +5 nm is shown in FIG. 14.

[0094] As apparent from FIG. 14, it is apparent that when the variation in wavelength is +5 nm, the center of the distribution of point image intensity is 76% smaller than 80% and then a chromatic aberration is required to be corrected. In addition, FIG. 16 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively.

[0095] As apparent from FIG. 16, it is apparent that if the wavelength is 650 nm, a correction of chromatic aberration is not required even if the wavelength is changed from -10 nm to +10 nm against the central wavelength, and to the contrary, when the wavelength is 440 nm, no correction of chromatic aberration causes a variation of +-5 nm or more to be 80% or less and then the chromatic aberration is required to be corrected.

[0096] Then, it is apparent in the schematic configuration view for showing the optical system having the optical element 1 for correcting the chromatic aberration of the present invention arranged between the light source and the objective shown in FIG. 9 that a center of the distribution of point image intensity is 99% higher than 80% and it reaches sufficiently to a diffraction limit without producing any defocusing state as apparent from FIG. 15 for indicating the distribution of point image intensity when the variation in wavelength is +5 nm.

[0097] As shown in FIG. 10, the chromatic aberration of the objective 2 composed of two lenses is deteriorated as a wavelength is shorter, as a value of NA is larger, as a focal distance is longer or as an Abbe number of the optical material constituting the objective 2 is smaller. Accordingly, in reference to

interface values of optical dimensions indicated in the schematic configuration view of FIG. 9, the objective 2 composed of two lenses having a light source with a wavelength being 440 nm or less, with a value of NA being 0.70 or more, with a focal distance being 1.4 mm and with an Abbe number at the d-line being 95.0 or less may generate a high chromatic aberration which can not be allowed. That is, as shown in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9, it is apparent that it is necessary to correct a chromatic aberration under application of the optical element 1 for correcting chromatic aberration.

[0098] In the schematic configuration view of the optical system shown in FIG. 9, there has been illustrated the example of the configuration of the optical element 1 for correcting the chromatic aberration in which two lenses in one group are adhered from each other. However, it may also be applicable that as shown in the schematic configuration view of the optical system shown in FIG. 17, it may be composed of one or more lenses, the lenses are not adhered from each other and installed in spaced-apart relation. In Tables 5 and 6 are indicated design values at a wavelength of 410 nm in the optical system in the schematic configuration view of the optical system shown in FIG. 17 and at a wavelength of 650 nm in which the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is not used, and a spherical aberration is shown in FIG. 18A, an astigmatism is shown in FIG. 18B, an aberration of distortion is shown in FIG. 18C, a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] is shown in FIG. 19A and a lateral aberration on an axis is shown in FIG. 19B, respectively.

[0099] In the schematic configuration view of the optical system having the optical element 1 for correcting chromatic aberration of the present invention shown in FIG. 17, the distribution of point image intensity when a variation in wavelength is +5 nm is shown in FIG. 20. In addition, in FIG. 21 is shown an intensity distribution of point image when a variation in wavelength is +5 nm in an optical system in which an optical element 1 for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17.

[0100] Also as apparent from FIG. 20, irrespective of application of the light source of short wavelength of 440 nm or less, occurrence of the chromatic aberration is restricted even if a variation in wavelength of +5 nm occurs and there is provided a superior optical property. That is, it is apparent that application of optical material with an Abbe number of 55 or more and optical material with an Abbe number of 35 or less in the optical element 1 for correcting a chromatic aberration causes the chromatic aberration generated at the objective 2 to be well corrected. To the contrary, as apparent from FIG. 21, in the case of the optical system in which an optical element 1 for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of the optical system of FIG. 17, it is apparent that a center of the distribution of point image intensity at the information recording surface 3a is 6% smaller than 80% and a sufficient converging spot may not be attained.

[0101] In addition, FIG. 22 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 410 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 410 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively. As apparent from FIG. 22, it is apparent that when the wavelength is 650 nm, a correction of the chromatic aberration is not required, when the wavelength is 410 nm, no correction of the chromatic aberration causes the Strehl value to be less than 80% under a variation of +5 nm or more and then the chromatic aberration is required to be corrected.

[0102] It is possible that the aforesaid optical element 1 for correcting a chromatic aberration may act as a collimator lens for use in converting a radiation light from the light source into a parallel light and in this case, it is possible to constitute the optical pick-up device for correcting the chromatic aberration without increasing the number of component parts.

[0103] To the contrary, the position where the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is not limited to a parallel flux of light, but it may be in a dispersed light or a converging light, as well. In this case, as shown in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23, a similar effect can be attained if the optical element 1 for correcting a chromatic aberration composed of more than one lenses and also acting as a collimator lens is arranged in the dispersion light. In Tables 7 and 8 are indicated design values at a wavelength of 440 nm in the optical system in the schematic configuration view of the optical system shown in FIG. 23 and at a wavelength of 650 nm in which the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is not used, and a spherical aberration is shown in FIG. 24A, an astigmatism is shown in FIG. 24B, an aberration of distortion is shown in FIG. 24C, a lateral aberration at an image angle of 0.5[deg.] is shown in FIG. 25A and a lateral aberration on an axis is shown in FIG. 25B, respectively.

[0104] In the schematic configuration view of the optical system in which an optical element 1 for correcting a chromatic aberration shown in FIG. 23, an intensity distribution of point image when a variation in wavelength is +5 nm is shown in FIG. 26. In FIG. 27 is shown an intensity distribution of point image when a variation in wavelength is +5 nm in the schematic configuration view of the optical system in which an optical element 1 for correcting a chromatic aberration is removed from the schematic configuration view of the optical system of FIG. 23.

[0105] Also as apparent from FIG. 26, irrespective of application of the light source of short wavelength of 440 nm or less in this optical system, a center of the distribution of the point image intensity is 89%

higher than 80% even if a variation in wavelength of +5 nm occurs, occurrence of chromatic aberration is restricted, resulting in that a superior optical property is provided. That is, it is apparent that application of optical material with an Abbe number of 55 or more and optical material with an Abbe number of 35 or less in the optical element 1 for correcting a chromatic aberration causes the chromatic aberration generated at the objective 2 to be well corrected. To the contrary, as apparent from FIG. 27, it is apparent that a center of the distribution of point image intensity at the information recording surface 3a is 79% smaller than 80% due to occurrence of chromatic aberration at the objective 2 and defocusing and a sufficient converging spot may not be attained.

[0106] In addition, FIG. 28 is a graph for showing a variation of Strehl values when a wavelength is changed from -10 nm to +10 nm in respect to a central wavelength for a case in which a wavelength is 650 nm and a chromatic aberration is not corrected, a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is not corrected and a case in which a wavelength is 440 nm and a chromatic aberration is corrected, respectively. As apparent from FIG. 28, it is apparent that in the case of wavelength of 650 nm or less, no correction of the chromatic aberration is required and to the contrary, in the case of wavelength of 440 nm, no correction of the chromatic aberration causes the Strehl value to become 80% or less under a variation of ± 5 nm or more and the chromatic aberration is required to be corrected.

[0107] Next, referring to FIG. 29, the optical pick-up device provided with the optical element 1 for correcting a chromatic aberration of the present invention shown in FIGS. 1, 9, 17 and 23 will be described. In FIG. 29 is illustrated an example in which the optical element 1 for correcting a chromatic aberration shown in the schematic configuration view of the optical system of FIG. 9 as a representative one and the objective 2 are used. However, it is of course apparent that the optical element 1 for correcting a chromatic aberration shown in the schematic configuration view of FIGS. 1, 17 and 23 and the objective 2 may be used.

[0108] A linear deflecting beam with a wavelength of 440 nm is radiated from a light source (not shown) constituting the optical pick-up device, for example, a semiconductor laser or the like and diffracted at a diffraction grid (not shown), the beam is divided into a 0-th light and \pm -primary light, for example, these lights are converted into parallel lights through the collimator lens (not shown). The linear deflecting beam converted into the parallel light passes through a deflecting beam splitter 4, the linear deflecting beam is converted into a circular deflected beam at a $[1/4]$ wavelength plate 5 and this beam may pass through the optical element 1 for correcting a chromatic aberration. At this time, in the case that a variation in wavelength is produced at the linear deflecting beam with a wavelength of 440 nm radiated from the semiconductor laser, a chromatic aberration having a polarity opposite to that of a chromatic aberration generated with a positive refraction force of the objective 2 is produced at the optical element 1 for correcting a chromatic aberration, resulting in that a chromatic aberration at the converging spot radiated against the information recording surface 3a is cancelled. The circular deflected beam passed through the optical element 1 for correcting a chromatic aberration is converged into the signal recording surface 3a of the optical recording medium 3 through the objective 2.

[0109] The circular deflected beam radiated against the information recording surface 3a of the optical recording medium 3 may pass through the objective 2 and the optical element 1 for correcting a chromatic aberration and is converted into a linear deflected beam with its deflecting direction being turned by 90[deg.] against the going linear deflected beam at the $[1/4]$ wavelength plate 5. The linear deflected beam with its deflecting direction being turned by 90[deg.] in respect to the going linear deflected beam is reflected by the deflected beam splitter 4, it may pass through a focusing lens 6 and a multi-flex lens 7 and is collected at an optical sensor 8. This optical sensor 8 has a plurality of divided light receiving elements, a calculating processing is carried out in response to an amount of light of the 0-th light and the \pm -primary light radiated against the plurality of divided light receiving elements so as to detect a focusing error signal, a tracking error signal and an RF signal or the like. The objective 2 is installed at the double-axis actuator for controlling and driving the objective 2 in a focusing direction and a tracking direction, respectively, wherein the feed-back servo such as a focusing servo and a tracking servo is carried out by the control signal based on the focusing error signal and the tracking error signal described above.

[0110] The optical pick-up device provided with the aforesaid optical element 1 for correcting a chromatic aberration may perform a sufficient correction of the chromatic aberration even under a high frequency overlapping with the light source of short wavelength of about 440 nm or 440 nm or less and also perform a sufficient correction of a chromatic aberration even if the mode hopping is produced, so that it is possible to adapt for a high recording density and high capacity of the optical recording medium 3.

[0111] Then, referring to FIG. 30 representing to show the schematic configuration of the optical recording and reproducing device, the optical reproducing device provided with the aforesaid optical pick-up device and the optical recording and reproducing device will be described as follows.

[0112] The optical recording and reproducing device is generally comprised of a spindle motor 10, a feeding motor 12 and an optical pick-up device 9 or the like, wherein these devices are controlled by a system controller 14 for use in controlling an entire optical recording and reproducing device. Then,

motion of the optical pick-up device toward the tracking direction is carried out by a controlling and driving means composed of a guiding mechanism (not shown) and the feeding motor 12 constituted by a linear motor or the like. For example, in the case that the optical recording medium 3 held at the spindle motor 10 is to be reproduced, a control signal from the system controller 14 is supplied to a servo control circuit 13 and a modulation/demodulation circuit 11. At the servo control circuit 13 to which the control signal is supplied, the spindle motor 10 is rotated at the number of rotation set under a focusing drawing state and at the same time, the feeding motor 12 is driven and the optical pick-up device 9 is moved to the inner circumferential side of the optical recording medium 3, for example. At the optical pick-up device 9 moved to the inner circumferential side of the optical recording medium 3, the focusing servo is applied under a focusing search operation and after this operation, the tracking servo is applied.

[0113] The focusing error signal, the tracking error signal detected by the optical sensor constituting the optical pick-up device 9 and information about a position of what location of the optical recording medium 3 is read out are supplied to the modulation/demodulation circuit 11. The focusing error signal and the tracking error signal in these signals are processed through filtering and then supplied to the servo control circuit 13 through a system controller 14 as a focusing control signal and a tracking control signal. The servo control circuit 13 drives a focusing coil of the double-axis actuator, for example, constituting the optical pick-up device 9 with the focusing control signal, and then drives a tracking coil of the double-axis actuator constituting the optical pick-up device 9 with a tracking control signal. A low range component of the tracking control signal is supplied to the servo control circuit 13 through the system controller 14 to drive the feeding motor 12. With such an arrangement as above, the feed-back servo such as the focusing servo, the tracking servo and the feeding servo are carried out. In addition, information about a position on what location of the optical recording medium 3 is read out is processed by the modulation/demodulation circuit 11, supplied to the spindle motor 10 as the spindle control signal, it is controlled and driven at a predetermined number of rotation corresponding to the reproducing position of the optical recording medium 3 held by the spindle motor 10 and a practical reproducing operation is carried out from this position. Then, the reproduced data processed and demodulated by the modulating/demodulating circuit 11 is transmitted to the external system through the external circuit 15.

[0114] In the case that the external data supplied from the external system, for example, is recorded in the optical recording medium 3 held by the spindle motor 10, a similar process for the reproducing operation is carried out until the feed-back servo such as the focusing servo, the tracking servo and the feeding servo are performed. From the system controller 14 is supplied a control signal for recording an input data inputted through the external circuit 15 in what location of the optical recording medium 3 to the servo control circuit 13 and the modulating/demodulating circuit 11. At the servo control circuit 13, the spindle motor 10 is controlled to a predetermined number of rotation, the feeding motor 12 is driven and then the optical pick-up device 9 is moved to the information recording position. In addition, the input signal inputted to the modulating/demodulating circuit 11 is modulated in response to a recording format at the modulating/demodulating circuit 11 and then it is supplied to the optical pick-up device 9. At the optical pick-up device 9, the modulation of the radiated light based on the modulating signal and the radiated light power based on the information recording position are controlled and then radiated against the optical recording medium 3 and the recording for the optical recording medium 3 is started. In addition, in the case of a so-called CAV (Constant Angular Velocity) disc in which the optical recording medium 3 is recorded and reproduced under a constant number of rotation, information about a position on what location of the optical recording medium 3 is being read out is not required and the spindle motor 10 is controlled to have a specified number of rotation.

[0115] If the optical element 1 for correcting a chromatic aberration of the present invention is constructed to have the exclusive optical reproducing device and the optical recording and reproducing device capable of performing both recording and reproducing operations, a chromatic aberration generated by the mode hopping at the light source or an overlapping of high frequency of the semiconductor laser acting as a light source, in particular, a chromatic aberration generated when a short wavelength of about 440 nm or 440 nm or less is applied in the light source can be effectively corrected and the present invention can be adapted for a far higher density and high capacity of the optical recording medium 3.

[0116] In accordance with the optical element for correcting a chromatic aberration of the present invention, it is possible to perform a sufficient correction of the chromatic aberration mainly generated at the objective in the case that the light source of short wavelength of 440 nm or less is applied. Then, since the optical pick-up device constituting an optical system by the optical element for correcting the chromatic aberration and the light source of short wavelength, an optical reproducing device provided with the optical pick-up device and the optical recording and reproducing device may have a sufficient correction of the chromatic aberration, the present invention can adapt for a further higher recording density and larger capacity of the optical recording medium.

TABLE 1

Wave length [λ] = 440 nm

NA/Focal distance/Entrance pupil[phi] of objectiveAxialRefractive indexRefractive
(0.55/1.8 mm/1.98 mm)clearanceND/Aberration numberindex N at
SurfaceRadius of curvature (mm)(mm)vd at a line d440 nm
OBJ[infinity][infinity]
STO[infinity]0.0
S1R: 6.58C: 0.02.01.5168/64.171.526269
K: 0.0D: 0.0
A: 0.0E: 0.0
B: 0.0F: 0.0
S2R: -9.68034C: 0.01.61.75520/27.58 1.789557
K: 0.0D: 0.0
A: 0.0E: 0.0
B: 0.0F: 0.0
S3R: 12.0C: 0.03.0
K: 0.0D: 0.0
A: 0.0E: 0.0
B: 0.0F: 0.0
S4R: 1.02246C: -.104969E-21.11.438750/95.0 1.443854
K: -.0700344D: -.713744E-3
A: 0.521041E-2E: 0.0
B: -.160629E-2F: 0.0
S5R: -2.44588C: 0.195359E-10.0
K: 0.0D: -.445800E-2
A: 0.917902E-1E: 0.0
B: -.439814E-1F: 0.0
S6[infinity]0.0
S7[infinity]0.0
S8[infinity]0.0
S9[infinity] 0.811592
S10[infinity]0.61.5168/64.171.526269
S11[infinity]0.0
IMG[infinity]0.0
Nonspherical surface equation
[mathematical formula - see original document]
X: Depth from an apex of surface
Y: Height from an optical axis
R: Proximal axis R
K: Circular cone constant

TABLE 3

Wave length [lambda] = 440 nm

NA/Focal distance/Entrance pupil[phi] of objectiveAxialRefractive indexRefractive
(0.7/1.4 mm/1.96 mm)clearanceND/Aberration numberindex N at
SurfaceRadius of curvature (mm)(mm)vd at a line d440 nm
OBJ[infinity][infinity]
STO[infinity]0.0
S1R: 6.58C: 0.02.01.5168/64.171.526269
K: 0.0D: 0.0
A: 0.0E: 0.0
B: 0.0F: 0.0
S2R: -9.68066C: 0.01.61.75520/27.58 1.789557
K: 0.0D: 0.0
A: 0.0E: 0.0
B: 0.0F: 0.0
S3R: 12.0C: 0.03.0
K: 0.0D: 0.0
A: 0.0E: 0.0
B: 0.0F: 0.0
S4R: 1.13382C: -.629383E-3 1.0477441.438750/95.0 1.443854
K: -.040865D: -.394777E-2
A: -.220593E-1E: 0.0
B: -.133861E-1F: 0.0
S5R: -8.82788C: -.109225E-30.2
K: 0.0D: 0.168193E-2
A: -.155426E-1E: 0.0
B: -.155166E-1F: 0.0

S6R: 0.97559C: -.641939E-11.01.438750/95.0 1.443854

K: -0.377658D: 0.0

A: 0.473800E-1E: 0.0

B: 0.436903E-1F: 0.0

S7[infinity]0.0

S8[infinity]0.0

S9[infinity] 0.124481

S10[infinity]0.11.5168/64.171.526269

S11[infinity]0.0

IMG[infinity]0.0

Nonspherical surface equation

[mathematical formula - see original document]

X: Depth from an apex of surface

Y: Height from an optical axis

R: Proximal axis R

K: Circular cone constant

TABLE 5

Wave length [λ] = 410 nm

NA/Focal distance/Entrance pupil[ϕ] of objectiveAxialRefractive indexRefractive

(0.85/1.765 mm/3.0 mm)clearanceND/Aberration numberindex N at

SurfaceRadius of curvature (mm)(mm)vd at a line d410 nm

OBJ[infinity][infinity]

STO[infinity]0.0

S1R: 7.4C: 0.01.21.5168/64.171.529569

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S2R: -12.40435C: 0.01.01.75520/27.58 1.803040

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S3R: [infinity]C: 0.01.0

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S4R: [infinity]C: 0.01.01.75520/27.58 1.803040

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S5R: 13.24032C: 0.03.0

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S6R: 1.6273C: 0.749875E-4 1.5645621.4955/81.6 1.504869

K: -0.50566D: -.204775E-3

A: -.207368E-2E: 0.0

B: -.999092E-3F: 0.0

S7R: 89.45684C: -.332978E-2 0.34768

K: 0.0D: 0.921202E-3

A: -291281E-2E: 0.0

B: 0.459860E-2F: 0.0

S8R: 1.30215C: 0.206089E-3 1.2826551.58913/61.3 1.604471

K: -0.503781D: 0.0

A: 0.193338E-1E: 0.0

B: 0.120697E-1F: 0.0

S9[infinity] 0.134216

S10[infinity]0.11.5168/64.171.529569

S11[infinity]0.0

IMG[infinity]0.0

Nonspherical surface equation

[mathematical formula - see original document]

X: Depth from an apex of surface

Y: Height from an optical axis

R: Proximal axis R

K: Circular cone constant

TABLE 7

Wave length [λ] = 440 nm

NA/Focal distance/Entrance pupil[ϕ] of objectiveAxialRefractive indexRefractive

(0.55/1.8 mm/1.98 mm)clearanceND/Aberration numberindex N at

SurfaceRadius of curvature (mm)(mm)vd at a line d440 nm

OBJ[infinity]20.0

STO[infinity]0.0

S1R: -5.23663C: 0.01.01.78472/25.711.823295

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S2R: -9.47002C: 0.00.1

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S3R: 20.358C: 0.01.81.62004/36.261.641035

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S4R: 4.921C: 0.02.5 1.5168/64.171.526269

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S5R: -7.021C: 0.03.0

K: 0.0D: 0.0

A: 0.0E: 0.0

B: 0.0F: 0.0

S6R: 1.022246C: -.104969E-21.11.438750/95.0 1.443854

K: -0.700344D: -.204775E-3

A: -0.521041E-2E: 0.0

B: -.160629E-2F: 0.0

S7R: -2.44588C: 0.195359E-10.0

K: 0.0D: -445800E-2

A: 0.917902E-1E: 0.0

B: -.43981E-1F: 0.0

S8[infinity]0.0

S9[infinity]0.811592

S10[infinity]0.6 1.5168/64.171.526269

S11[infinity]0.0

IMG[infinity]0.0

Nonspherical surface equation

[mathematical formula - see original document]

X: Depth from an apex of surface

Y: Height from an optical axis

R: Proximal axis R

K: Circular cone constant

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Claims

What is claimed is:

[0117] 1. An optical element for correcting chromatic aberration arranged between a light source with a wavelength being 440 nm or less and an objective with a numerical aperture NA being 0.55 or more, with a focal distance being 1.8 mm or more and with an Abbe number at a d-line being 95.0 or less, wherein said optical element for correcting chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0118] 2. An optical element for correcting chromatic aberration arranged between a light source with a wavelength being 440 nm or less and an objective composed of two lenses with numerical aperture NA being 0.70 or more, with a focal distance being 1.4 mm or more and with an Abbe number at a d-line being 95.0 or less, wherein said optical element for correcting chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number of the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0119] 3. An optical pick-up device comprising: a light source with at least a wavelength being 440 nm or less; an objective with numerical aperture NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at a d-line being 95.0 or less; and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between said light source and said objective, wherein said optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0120] 4. An optical pick-up device comprising: a light source with at least a wavelength being 440 nm or less; an objective composed of two lenses with numerical aperture NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at a d-line being 95.0 or less; and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between said light source and said objective; wherein said optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0121] 5. The optical pick-up device according to claim 3 or claim 4, wherein: said optical element for correcting a chromatic aberration is a collimator lens for converting a radiated light radiated from said light source into a parallel light.

[0122] 6. An optical reproducing device comprising: an optical pick-up device including: a light source with at least a wavelength being 440 nm or less; an objective for collecting radiated light from said light source to an optical recording medium with numerical aperture NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at a d-line being 95.0 or less; and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between said light source and said objective; and a controlling and driving means for controlling and driving the optical pick-up device to a tracking direction, wherein said optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0123] 7. An optical reproducing device comprising: an optical pick-up device including: a light source with at least a wavelength being 440 nm or less; an objective for collecting radiated light from said source to an optical recording medium and composed of two lenses with numerical aperture NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at a d-line being 95.0 or less; an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between said light source and said objective; and a controlling and driving means for controlling and driving said optical pick-up device to a tracking direction of said optical recording medium; wherein said optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0124] 8. The optical reproducing device according to claim 6 or claim 7, wherein: said optical element for correcting a chromatic aberration is a collimator lens for converting a radiated light radiated from said light source into a parallel light.

[0125] 9. An optical recording and reproducing device comprising: an optical pick-up device including: a light source with at least a wavelength being 440 nm or less; an objective for collecting radiated light from said light source with numerical aperture NA being 0.55 or more, a focal distance being 1.8 mm or more and an Abbe number at a d-line being 95.0 or less; and an optical element for correcting a

chromatic aberration arranged between said light source and said objective; and a controlling and driving means for controlling and driving said optical pick-up device to a tracking direction of said optical recording medium; and wherein said optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0126] 10. An optical recording and reproducing device comprising: an optical pick-up device including: a light source with at least a wavelength being 440 nm or less; an objective for collecting radiated light from said light source to an optical recording medium and composed of two lenses with numerical aperture NA being 0.70 or more, a focal distance being 1.4 mm or more and an Abbe number at a d-line being 95.0 or less; and an optical element for correcting a chromatic aberration arranged between said light source and said objective; and a controlling and driving means for controlling and driving said optical pick-up device to a tracking direction of said optical recording medium; wherein said optical element for correcting a chromatic aberration has a convex lens with at least an Abbe number at the d-line being 55 or more and a concave lens with an Abbe number at the d-line being 35 or less.

[0127] 11. An optical recording and reproducing device according to claim 9 or claim 10, wherein: said optical element for correcting a chromatic aberration is a collimator lens for converting a radiated light radiated from said light source into a parallel light.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-19388

(P2000-19388A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	2 H 0 8 7
13/18		13/18	5 D 0 7 5
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	A 5 D 1 1 9
11/10	5 5 1	11/10	5 5 1 D

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平10-184918

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998. 6. 30)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 山本 健二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 市村 功

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 前田 史貞

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

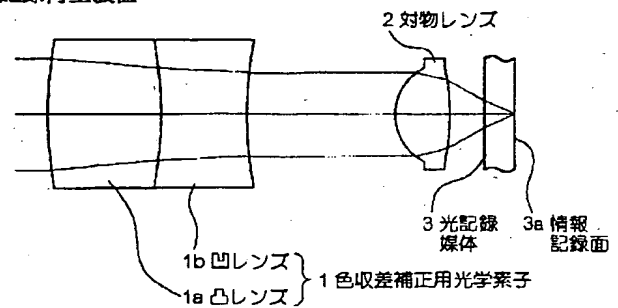
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色収差補正用光学素子およびこれを具備する光学ピックアップ装置、ならびにこの光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 光源の短波長化に対応する色収差補正用光学素子を提供するとともに、この色収差補正用光学素子を具備して光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応する光学ピックアップ装置および光再生装置ならびに光記録再生装置を提供することである。

【解決手段】 波長が440nm以下である半導体レーザー等の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズ2との間に配設される色収差補正用光学素子1が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズ1aと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズ1bとを有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長が440nm以下の光源と、
NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd
線のアッペ数が95.0以下である対物レンズとの間に
配設される色収差補正用光学素子であって、
前記色収差補正用光学素子が、
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする色収差補正用光学素子。

【請求項2】 波長が440nm以下の光源と、
NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd
線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成
された対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学
素子であって、
前記色収差補正用光学素子が、
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする色収差補正用光学素子。

【請求項3】 少なくとも波長が440nm以下の光源
と、
NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd
線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補
正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であっ
て、
前記色収差補正用光学素子が、
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする光学ピックアップ装置。

【請求項4】 少なくとも波長が440nm以下の光源
と、
NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd
線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成
された対物レンズと、
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補
正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であっ
て、
前記色収差補正用光学素子が、
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする光学ピックアップ装置。

【請求項5】 前記色収差補正用光学素子が、前記光源
から出射される出射光を平行光に変換するコリメータレ
ンズであることを特徴とする請求項3または請求項4に
記載の光学ピックアップ装置。

【請求項6】 少なくとも波長が440nm以下の光源
と、
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが
0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のア
ッペ数が95.0以下である対物レンズと、

前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補
正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、
前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキ
ング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生
装置であって、
前記色収差補正用光学素子が、
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする光再生装置。

10 【請求項7】 少なくとも波長が440nm以下の光源
と、
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが
0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のア
ッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された
対物レンズと、
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補
正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、
前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキ
ング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生
装置であって、
20 前記色収差補正用光学素子が、
少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする光再生装置。

【請求項8】 前記色収差補正用光学素子が、前記光源
から出射される出射光を平行光に変換するコリメータレ
ンズであることを特徴とする請求項6または請求項7に
記載の光再生装置。

【請求項9】 少なくとも波長が440nm以下の光源
と、
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが
0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のア
ッペ数が95.0以下である対物レンズと、
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補
正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、
前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキ
ング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録
再生装置であって、
前記色収差補正用光学素子が、
40 少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d
線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特
徴とする光記録再生装置。

【請求項10】 少なくとも波長が440nm以下の光源
と、
前記光源からの出射光を光記録媒体に集光し、NAが
0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のア
ッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された
対物レンズと、
前記光源と前記対物レンズとの間に配設された色収差補
正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、

前記光学ピックアップ装置を前記光記録媒体のトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、

前記色収差補正用光学素子が、

少なくともd線のアッペ数が5以上の凸レンズと、d線のアッペ数が3以下の凹レンズとを有することを特徴とする光記録再生装置。

【請求項11】 前記色収差補正用光学素子が、前記光源から出射される出射光を平行光に変換するコリメータレンズであることを特徴とする請求項9または請求項10に記載の光記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は色収差補正用光学素子およびこれを具備する光学ピックアップ装置、ならびにこの光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置に関し、さらに詳しくは、光学系の各光学面で生じる色収差を補正する色収差補正用光学素子およびこれを具備する光学ピックアップ装置、ならびにこの光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】CD (Compact Disc) に代表されるROM (Read Only Disc) 型の光ディスク、相変換ディスクや光磁気ディスクに代表されるRAM (Random Access Memory) 型の光ディスク、あるいは光カード等の光記録媒体は、映像情報、音声情報あるいは情報機器用プログラム等の格納媒体として広く使用されている。これらの光記録媒体では次第に高密度大容量化が図られ、これに対応する光学ピックアップ装置では光源、たとえば半導体レーザの短波長化や対物レンズの大NA (Numerical Aperture) 化が図られ、対物レンズを介して集光される集光スポットの小径化が図られている。たとえば、比較的初期に商品化されたCDでは光源の波長が780nmに設定されたのに対して、近年商品化されたDVD (Digital Video DiscあるいはDigital Versatile Disc) では光源の波長が650nmまたは635nmに設定されている。しかしながら、近年ではさらなる光記録媒体の高密度大容量化が望まれており、これに対応して光源の波長は益々短波長化の傾向にある。

【0003】色収差はレンズあるいは光学系が多波長あるいは連続波長を扱わなければならないときに生じる収差であり、光学材料の屈折率は波長によって異なるためにレンズの焦点距離も異なる。すなわち、可視域における光学材料の屈折率は正規分布を示すため、屈折率は赤色光より青色光に対して大となる。たとえば凸型ガラスレンズでは青色光の焦点距離は赤色光の焦点距離よりも小となる。半導体レーザから出射されるレーザ光の波長は一般に単色 (シングルモード) であり、色収差はないものと思われているが、実際にはほぼ数nm程度の波長

幅を有している。また、半導体レーザから出射されるレーザ光が温度変化等により中心波長が数nm突然とぶ、いわゆるモードホッピングを起こす場合もある。

【0004】したがって、光記録媒体のさらなる高密度大容量化に対応する光学ピックアップ装置に、たとえばほぼ440nmあるいは440nm以下の短波長半導体レーザを用いた場合、波長のずれにより対物レンズで生じる色収差は許容できない重要な問題点となる。短波長で色収差が大となることについては二つの原因が考えられる。第1の原因は、一般の対物レンズは短い波長を取り扱う場合、微小な波長の変動に対して屈折率の変化が大となり、焦点の移動量であるデフォーカス量が大となることである。第2の原因は、光記録媒体のさらなる高密度大容量化とともに対物レンズで収束される収束スポットの径を極力小とする必要があるが、対物レンズの焦点深度dは $d = \lambda / (NA)^2$ (ただし、 λ は光源の波長、NAは対物レンズの開口数) で表されるように、取り扱う波長が短いほど焦点深度dが小となり、僅かなデフォーカスさえも許されないことである。

【0005】対物レンズの色収差を小とするには、対物レンズに分散が小である光学材料を用いることが挙げられるが、短波長ではそれでも色収差は大である。また、対物レンズを複数枚のレンズで構成したアクロマートレンズとすることが可能であるが、複数枚のレンズで構成したアクロマートレンズは重量が大となる。たとえば、この重量が大であるアクロマートレンズを対物レンズとして用い、これをフォーカシング方向とトラッキング方向に制御駆動する二軸アクチュエータに用いた場合では、フォーカシングサーボ特性およびトラッキングサーボ特性等のサーボ品質の低下を招く虞がある。また、重量が大であるアクロマートレンズを対物レンズとして用いた場合、二軸アクチュエータのドライブ電流が大電流が必要となるとともにドライブ回路や電源等が大型化し、光学ピックアップ装置およびこれを具備する光再生装置や光記録再生装置の小型化を阻害する虞がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、光源の短波長化に対応する色収差補正用光学素子を提供するとともに、この色収差補正用光学素子を具備して光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応する光学ピックアップ装置および光再生装置ならびに光記録再生装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1の発明の色収差補正用光学素子は、波長が440nm以下である半導体レーザ等の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が5以上の凸レン

ズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0008】請求項2の発明の色収差補正用光学素子は、波長が440nm以下である半導体レーザ等の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0009】すなわち、請求項1、2の発明の色収差補正用光学素子は、色収差補正用光学素子が配設される位置の光束が収束光束であるか発散光束であるかに関わらず、光源と対物レンズの間に配設され、透過した波面に他の光学面で発生する色収差とは逆の極性の色収差を発生するように構成されている。したがって、対物レンズを透過して焦点を結んだときの波面は色収差がキャンセルされた状態であり、光学系全体として光源の波長変動の範囲内で良好に色収差が補正される系となっている。

【0010】色収差は、光源の波長変動 $\Delta\lambda$ により光学材料の屈折率 n が Δn だけ変化することにより生じる。そして、そのときの薄レンズの焦点距離 f の変化 Δf は下記式(1)で与えられる。

$$(\Delta f/f) + \Delta n/(n-1) = 0 \quad (1)$$

ここで、 $\Delta n/(n-1) = (nf - nc)/(nd - 1) = v_d$ 、 $\Delta f = \Delta f_{f-c}$ とおくと下記式(2)となる(ただし、 v_d はアッペ数、 Δf_{f-c} はC線とF線での焦点距離変化、 nf 、 nc 、 nd はフラウンホーファーラインF線(486.1nm)、C線(656.3nm)およびd線(587.6nm)に対する屈折率)。

$$\Delta f_{f-c} = -f/v_d \quad (2)$$

【0011】対物レンズの色収差は焦点距離 f の変化の絶対値としてあらわれ、上記した式(2)から明らかのように、焦点距離 f が大であるほど、あるいは対物レンズを構成する光学材料のアッペ数 v_d が小であるほど大となる。また、対物レンズの焦点深度は $d = \lambda/(NA)^2$ で与えられ、波長が短いほど、あるいはNAが大であるほど焦点深度が小となり、色収差による光学特性の劣化が大となる。

【0012】本発明の色収差補正用光学素子は1群2枚あるいは2群1枚のレンズの構成であり、d線のアッペ数が55以上の凸レンズとd線のアッペ数が35以下の凹レンズを組み合わせて構成するのが望ましい。色収差は屈折力 K の変化 ΔK として表すこともでき、対物レンズの屈折力を K_1 とすると、波長変動時の屈折力の変化 ΔK_1 は下記式(3)で表される。

$$\Delta K_1 = K_1 \times \Delta n/(n+1) \quad (3)$$

【0013】光源の波長変動による光学材料の屈折率 n

の変化 Δn が $\Delta n > 0$ とすると、 K_1 は収束レンズの屈折力なので正であり、式(3)から $\Delta K_1 > 0$ となる。これを打ち消すためには、下記式(4)で表される1群2枚あるいは2群1枚のレンズで構成される色収差補正用光学素子の合成屈折力 $K = K_2 + K_3$ の波長による変化量 ΔK が $\Delta K < 0$ となればよい。

$$\Delta K = (K_2/v_2) + (K_3/v_3) < 0 \quad (4)$$

(ただし、 K_2 、 K_3 は1群2枚あるいは2群1枚のレンズのそれぞれの屈折力、 v_2 、 v_3 は1群2枚あるいは2群1枚のレンズのそれぞれのアッペ数)

【0014】ところで、半導体レーザ等の光源から出射される広がり角の狭いビーム、あるいはほぼコリメートの光路に色収差補正用光学素子を配設する場合、色収差補正用光学素子は対物レンズの屈折力 K_1 に比べほとんどパワーを持たないので $K = K_2 + K_3 = 0$ と見なせることができ、 $K_2 = -K_3$ となる。したがって、式(4)は下記式(5)のようになる。

$$K_2/v_2 < -K_3/v_3 = K_2/v_3 \quad (5)$$

【0015】ここで $K_2 > 0$ すなわち凸レンズとすると、 $K_3 < 0$ すなわち凹レンズであり、 $v_2 > v_3$ となる。逆に、 $K_2 < 0$ すなわち凹レンズとすると、 $K_3 > 0$ すなわち凸レンズとなり、 $v_2 < v_3$ となる。すなわち、正のパワーを有するレンズにたとえばクラウンガラスを用い、負のパワーを有するレンズにたとえばフリントガラスを用い、且つ波長が440nm以下の光源を扱うときは各光学面で発生する色収差を補正するために非常に大きな色収差を生じさせる必要があるので、 v_2 と v_3 との値の差を大とすることが望ましい。たとえば、通常色消しダブルレットレンズ(アクロマートレンズ)は、分散が小であるクラウンガラスの凸レンズと分散が大であるフリントガラスの凹レンズとを貼り合わせたものが用いられる。これ自体では波長の変動に対して色収差を抑えたレンズであるが、本発明に係る色収差補正用光学素子は主に対物レンズの色収差をも補正するため、それ自体では主に対物レンズと逆極性の色収差を生じさせる必要があり、レンズを構成する光学材料のアッペ数に大きな差が必要となる。そして、アッペ数が55以上のレンズと35以下のレンズとの組み合わせを用いれば、本発明の色収差補正用光学素子で生じる色収差を大とすることができるので、主に対物レンズで発生する色収差の補正を十分に行うことができる。

【0016】請求項3の発明の光学ピックアップ装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0017】請求項4の発明の光学ピックアップ装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0018】請求項6の発明の光再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0019】請求項7の発明の光再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光再生装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0020】請求項9の発明の光記録再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、色収差補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0021】請求項10の発明の光記録再生装置は、少なくとも波長が440nm以下の光源と、NAが0.70以上、焦点距離が1.4mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下である2枚のレンズで構成された対物レンズと、光源と対物レンズとの間に配設された色収差補正用光学素子とを有する光学ピックアップ装置と、光学ピックアップ装置をトラッキング方向に制御駆動する制御駆動手段とを有する光記録再生装置であって、色収差

補正用光学素子が、少なくともd線のアッペ数が55以上の凸レンズと、d線のアッペ数が35以下の凹レンズとを有することを特徴とする。

【0022】上述した手段による作用について以下に記す。一般的に光源の波長が短くなるほど波長変動により対物レンズで発生する色収差は大となるが、光源と対物レンズとの間に本発明の色収差補正用光学素子を配設すれば、たとえば光源の中心波長が440nm以下で数nm程度の波長幅を有していたとしても、あるいは温度変化により中心波長が数nm程度モードホッピングしたとしても、色収差を十分に補正することが可能となる。また、本発明の色収差補正用光学素子は、光学ピックアップ装置を構成するコリメータレンズの機能、すなわち光源からの出射光を平行な光束に変換する機能を兼ね備えることが可能であり、光学ピックアップ装置を構成する光学部品数を増やすことなく、色収差を十分補正することが可能となる。したがって、本発明の色収差補正用光学素子を具備する光学ピックアップ装置では、ほぼ440nmあるいは440nm以下の波長の光源を用いても色収差が生じる虞がなく、この光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置は、光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応することが可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明は、CD等に代表されるROM型光ディスク、相変化ディスクや光磁気ディスク等に代表されるRAM型光ディスクあるいは光カード等の光記録媒体を記録再生する光学系において、光源と対物レンズとの間に配設される色収差補正用光学素子に適用することができる。また、光記録媒体を再生あるいは記録再生する光学ピックアップ装置、この光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置に適用することができる。以下、本発明の実施の形態例について図1～図30を参照して説明する。

【0024】まず、光源の波長が440nm以下であり、対物レンズ2がNA0.55以上、焦点距離1.8mm以上且つd線のアッペ数が95.0以下の単玉レンズであり、この光源と対物レンズ2との間に本発明の色収差補正用光学素子1を配設した事例について、概略光学系構成図である図1を参照して説明する。また、図1に示した概略光学系構成図における光学系の波長440nmおよび色収差補正用光学素子1を用いない650nmでの設計値を表1および表2に示し、球面収差は図3(a)、非点収差は図3(b)、歪曲収差は図3(c)、画角0.5度での横収差は図4(a)、軸上での横収差は図4(b)に示す。

【0025】

【表1】

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 ϕ (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)		波長 λ = 440 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッベ数vd	440nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R : 6.58 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	2.0	1.5168 / 64.17	1.526269
S2	R : -9.68034 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	1.6	1.75520 / 27.58	1.789557
S3	R : 12.0 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	3.0		
S4	R : 1.02246 C : -.104969E-2 K : -.0.700344 D : -.713744E-3 A : 0.521041E-2 E : 0.0 B : -.160629E-2 F : 0.0	1.1	1.438750 / 95.0	1.443834
S5	R : -2.44588 C : 0.195359E-1 K : 0.0 D : -.445800E-2 A : 0.917902E-1 E : 0.0 B : -.439814E-1 F : 0.0	0.0		
S6	∞	0.0		
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.811592		
S10	∞	0.6	1.5168 / 64.17	1.526269
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y^4 項の非球面係数 B: Y^6 項の非球面係数 C: Y^8 項の非球面係数 D: Y^{10} 項の非球面係数 E: Y^{12} 項の非球面係数 F: Y^{14} 項の非球面係数				

対物レンズNA/焦点距離/入射径φ (0.55/1.8mm/1.98mm)		波長λ = 650 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd/アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R: 1.01107 C: -.104969E-2 K: -0.700344 D: -.713744E-3 A: 0.521041E-2 E: 0.0 B: -.160629E-2 F: 0.0	1.040991	1.438750/95.0	1.437364
S2	R: -2.4422 C: 0.195359E-1 K: 0.0 D: -.445800E-2 A: 0.917902E-1 E: 0.0 B: -.439814E-1 F: 0.0	0.0		
S3	∞	0.0		
S4	∞	0.0		
S5	∞	0.0		
S6	∞	0.0		
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.839873		
S10	∞	0.6	1.5168/64.17	1.514523
S11	∞	0.0		
DMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1 + K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y ⁴ 項の非球面係数 B: Y ⁶ 項の非球面係数 C: Y ⁸ 項の非球面係数 D: Y ¹⁰ 項の非球面係数 E: Y ¹² 項の非球面係数 F: Y ¹⁴ 項の非球面係数				

【0027】図1に示した概略光学系構成図は物点が無限遠方に位置する、いわゆる無限光学系であり、色収差補正用光学素子1は図示を省略する半導体レーザ等の光源と対物レンズ2との間に配設されている。色収差補正用光学素子1は1群2枚のレンズで構成されており、光源側に位置する凸レンズ1aと対物レンズ2側に位置する凹レンズ1bとを貼り合わせた構成となっている。そして、凸レンズ1aは分散が小であるとともにd線のアッペ数が5.5以上である光学材料で構成され、凹レンズ1bは分散が大であるとともにd線のアッペ数が3.5以下である光学材料で構成されている。このような構成と*50

40*すれば、凸レンズ1aと凹レンズ1bとの貼り合わせ面での屈折および凹レンズ1bの出射面(対物レンズ2との対向面)での屈折により負の屈折力を有することとなり、光源の波長変動時に大きな色収差を生じる。ここで生じる色収差は、主に対物レンズ2の正の屈折力で生じる色収差とは逆の極性を有しており、焦点を結んだときに色収差がキャンセルされ、光学系全体として色収差が光源の波長変動の範囲内で良好に補正することができる。

【0028】図2は、図1に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた概略光学系構成図で

ある、光源の波長変動は、たとえば光源が半導体レーザである場合、半導体レーザのドライブ電流に高周波重畳をかけるときに生じる数nm程度の波長幅と温度変化により中心波長が突然数nm程度とぶモードホッピングとがある。とくに、半導体レーザがほぼ440nmあるいは440nm以下の短波長である場合、色収差を補正しない一般のレンズは微小な波長変動に対して屈折率の変化が大となり、許容できない色収差が発生する虞がある。また、焦点深度も小となるので色収差で生じる僅かなデフォーカスも、高密度大容量化の傾向にある光記録媒体3に対して問題となる可能性が大である。図2に示した概略光学系構成図において、たとえば光源の波長が長くなる方向にずれた場合では対物レンズ2の焦点距離が大となるとともに光記録媒体3の情報記録面3aでデフォーカス状態(焦点深度外)となり、情報記録面3aにおける収束スポット径が大となって高品質な情報の記録再生が困難となる。

【0029】図2に示した概略光学系構成図において、波長変動がない場合の点像強度分布を図5に示し、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図6に示す。点像強度分布における強度は、図5に示したように、理想結像状態を100%で規格化したStrehl値で表しており、光学的に回折限界に到達した良好な像の下限とされるマレシャルのクライテリオン(波面収差0.07rmsλ)はほぼ80%に相当する。しかしながら、図1に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた図2の光学系では、図6に示したように、波長変動が+5nmあるときは点像強度分布の中心が80%より小の77%であり、十分な収束スポットが得られないことが判る。

【0030】また、図7は、波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図7から明らかなように、波長が650nmの場合では中心波長に対して-10nmから+10nm変動しても色収差の補正が必要でないのに対して、波長が440nmの場

合では色収差を補正しないと、±5nm以上の変動でStrehl値が80%以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。そして、図1に示した色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示した図8から明らかなように、点像強度分布の中心が80%より大の99%であり、ほとんどデフォーカスを起こすことなく、十分に回折限界に到達していることが判る。

【0031】図2に示したような単玉の対物レンズ2の色収差は、上記したように波長が短いほど、NAが大であるほど、焦点距離が大であるほど、あるいは対物レンズ2を構成する光学材料のアップ数が小であるほど悪化する。したがって、図1の概略光学系構成図に示した光学スペックを境界として、波長が440nm以下の光源、NAが0.55以上、焦点距離が1.8mm以上且つd線のアップ数が95.0以下の単玉の対物レンズ2では、許容できないほど大である色収差が発生する。すなわち、図1に示した概略光学系構成図のように、色収差補正用光学素子1を用いて色収差を補正する必要があることが判る。

【0032】つぎに、光源の波長が440nm以下であり、対物レンズ2がNA0.70以上、焦点距離1.4mm以上且つd線のアップ数が95.0以下である2枚のレンズで構成されており、この光源と対物レンズ2との間に本発明の色収差補正用光学素子1を配設した事例について、概略光学系構成図である図9を参照して説明する。また、図9に示した概略光学系構成図における光学系の波長440nmおよび色収差補正用光学素子1を用いない650nmでの設計値を表3および表4に示し、球面収差は図11(a)、非点収差は図11

(b)、歪曲収差は図11(c)、画角0.5度での横収差は図12(a)、軸上での横収差は図12(b)に示す。なお、図9に示したように、対物レンズ2を2枚のレンズで構成する理由は、単玉レンズでNAが0.70より大である対物レンズ2を実現することがレンズの加工上極めて困難であることによる。

【0033】

【表3】

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 ϕ (0.7 / 1.4mm / 1.96mm)		波長 λ = 440 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	440nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R: 6.58 K: 0.0 A: 0.0 B: 0.0 C: 0.0 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	2.0	1.5168 / 64.17	1.526269
S2	R: -9.68066 K: 0.0 A: 0.0 B: 0.0 C: 0.0 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	1.6	1.75520 / 27.58	1.789557
S3	R: 12.0 K: 0.0 A: 0.0 B: 0.0 C: 0.0 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	3.0		
S4	R: 1.13382 K: -0.40865 A: -.220593E-1 B: -.133861E-1 C: -.629383E-3 D: -.394777E-2 E: 0.0 F: 0.0	1.047744	1.438750 / 95.0	1.443854
S5	R: -8.82788 K: 0.0 A: -.155426E-2 B: -.155166E-2 C: -.109225E-3 D: 0.168193E-2 E: 0.0 F: 0.0	0.2		
S6	R: 0.97559 K: -0.377658 A: 0.473800E-1 B: 0.436903E-1 C: -.641939E-1 D: 0.0 E: 0.0 F: 0.0	1.0	1.438750 / 95.0	1.443854
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.124481		
S10	∞	0.1	1.5168 / 64.17	1.526269
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y^4 項の非球面係数 B: Y^6 項の非球面係数 C: Y^8 項の非球面係数 D: Y^{10} 項の非球面係数 E: Y^{12} 項の非球面係数 F: Y^{14} 項の非球面係数				

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径φ (0.7 / 1.4mm / 1.96mm)		波長λ = 650nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R : 1.13456 C : -.629383E-3 K : -0.40865 D : -.394777E-2 A : -.220593E-1 E : 0.0 B : -.133861E-1 F : 0.0	1.032861	1.438750 / 95.0	1.437364
S2	R : -828443 C : -.109225E-3 K : 0.0 D : 0.168193E-2 A : -.155426E-2 E : 0.0 B : -.155166E-2 F : 0.0	0.211487		
S3	R : 0.95320 C : -.641939E-1 K : -0.377658 D : 0.0 A : 0.473800E-1 E : 0.0 B : 0.436903E-1 F : 0.0	0.999484	1.438750 / 95.0	1.437364
S4	∞	0.0		
S5	∞	0.0		
S6	∞	0.0		
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.125342		
S10	∞	0.1	1.5168 / 64.17	1.514523
S11	∞	0.0		
IMO	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y ⁴ 項の非球面係数 B: Y ⁶ 項の非球面係数 C: Y ⁸ 項の非球面係数 D: Y ¹⁰ 項の非球面係数 E: Y ¹² 項の非球面係数 F: Y ¹⁴ 項の非球面係数				

【0035】図9に示した概略光学系構成図は物点が無限遠方に位置する、いわゆる無限光学系であり、色収差補正用光学素子1は図示を省略する半導体レーザ等の光源と対物レンズ2との間に配設されている。色収差補正用光学素子1は1群2枚のレンズで構成されており、光源側に位置する凸レンズ1aと対物レンズ2側に位置する凹レンズ1bとを貼り合わせた構成となっている。そして、凸レンズ1aは分散が小であるとともにd線のアッペ数が5.5以上である光学材料で構成され、凹レンズ1bは分散が大であるとともにd線のアッペ数が3.5以下である光学材料で構成されている。このような構成と*50

40*すれば、凸レンズ1aと凹レンズ1bとの貼り合わせ面での屈折および凹レンズ1bの射出面（対物レンズ2との対向面）での屈折により負の屈折力を有することとなり、光源の波長変動時に大きな色収差が生じる。ここで生じる色収差は、主に対物レンズ2の正の屈折力で生じる色収差とは逆の極性を有しており、焦点を結んだときに色収差がキャンセルされ、光学系全体として色収差が光源の波長変動の範囲内で良好に補正することができる。

【0036】図10は、図9に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた概略光学系構成図

である。また、図10に示した概略光学系構成図において、波長変動がないときの点像強度分布を図13に示し、波長変動が+5 nmあるときの点像強度分布を図14に示す。図14から明らかなように、波長変動が+5 nmあるときは点像強度分布の中心が80%より小の76%であり、色収差を補正する必要があることが判る。また、図16は、波長650 nmで色収差補正なしの場合、波長440 nmで色収差補正なしの場合および波長440 nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10 nmから+10 nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図16から明らかなように、波長が650 nmの場合では中心波長に対して-10 nmから+10 nm変動しても色収差の補正が必要でないのに対して、波長が440 nmの場合では色収差を補正しないと、±5 nm以上の変動で中心が80%以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。

【0037】そして、図9に示した光源と対物レンズ2との間に本発明の色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図では、波長変動が+5 nmあるときの点像強度分布を示した図15から明らかなように、点像強度分布の中心が80%より大の99%であり、ほとんどデフォーカスを起こすことなく、十分に回折限界に到達していることが判る。

【0038】図10に示したように、2枚のレンズで構成された対物レンズ2の色収差は、波長が短いほど、N

Aが大であるほど、焦点距離が大であるほど、あるいは対物レンズ2を構成する光学材料のアッベ数が小であるほど悪化する。したがって、図9の概略光学系構成図に示した光学スペックを境界として、波長が440 nm以下の光源、NAが0.70以上、焦点距離が1.4 mm以上且つd線のアッベ数が95.0以下の2枚のレンズで構成された対物レンズ2では、許容できないほど大である色収差が発生する。すなわち、図9に示した概略光学系構成図のように、色収差補正用光学素子1を用いて色収差を補正する必要があることが判る。

【0039】なお、図9に示した概略光学系構成図では、色収差補正用光学素子1を2枚のレンズを貼り合わせた1群2枚レンズの構成である事例を示したが、たとえば図17の概略光学系構成図に示したように、1枚以上のレンズで構成し、且つレンズを貼り合わせずに間隔をあけて配設する構成のものでも良い。図17に示した概略光学系構成図における光学系の波長410 nmおよび色収差補正用光学素子1を用いない650 nmでの設計値を表5および表6に示し、球面収差は図18

(a)、非点収差は図18(b)、歪曲収差は図18(c)、画角0.5度での横収差は図19(a)、軸上での横収差は図19(b)に示す。

【0040】

【表5】

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 ϕ (0.85 / 1.765mm / 3.0mm)		波長 λ = 410 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッベ数vd	410nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R : 7.4 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.2	1.5168 / 64.17	1.529369
S2	R : -12.40435 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0	1.75520 / 27.58	1.803040
S3	R : ∞ K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0		
S4	R : ∞ K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.0	1.75520 / 27.58	1.803040
S5	R : 13.24032 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	3.0		
S6	R : 1.6273 K : -0.50566 A : -2.07368E-2 B : -9.99092E-3 C : 0.749875E-4 D : -2.04775E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.564562	1.4955 / 81.6	1.504869
S7	R : 89.45684 K : 0.0 A : -2.91281E-2 B : 0.459860E-2 C : -3.32978E-2 D : 0.921202E-3 E : 0.0 F : 0.0	0.34768		
S8	R : 1.30215 K : -0.503781 A : 0.193338E-1 B : 0.120697E-1 C : 0.206089E-3 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.282655	1.58913 / 61.3	1.604471
S9	∞	0.134216		
S10	∞	0.1	1.5168 / 64.17	1.529369
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1 + K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの距離 Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y ⁴ 項の非球面係数 B: Y ⁶ 項の非球面係数 C: Y ⁸ 項の非球面係数 D: Y ¹⁰ 項の非球面係数 E: Y ¹² 項の非球面係数 F: Y ¹⁴ 項の非球面係数				

対物レンズ NA/焦点距離/入射径 (0.85/1.765mm/3.0mm)		波長 λ = 650 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd/アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R: 1.61696 C: 0.749875E-4 K: -0.50566 D: -0.204775E-3 A: -0.207368E-2 E: 0.0 B: -0.999092E-3 F: 0.0	1.652546	1.4955/81.6	1.493730
S2	R: -2112.22413 C: -0.332978E-2 K: 0.0 D: 0.921202E-3 A: -0.291281E-2 E: 0.0 B: 0.459860E-2 F: 0.0	0.317255		
S3	R: 1.26974 C: 0.206089E-3 K: -0.503781 D: 0.0 A: 0.193338E-1 E: 0.0 B: 0.120697E-1 F: 0.0	1.260777	1.58913/61.3	1.586426
S4	∞	0.0		
S5	∞	0.0		
S6	∞	0.0		
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.136937		
S10	∞	0.1	1.5168/64.17	1.514523
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + [1 - (1+K)(Y/R)^2]^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y ⁴ 項の非球面係数 B: Y ⁶ 項の非球面係数 C: Y ⁸ 項の非球面係数 D: Y ¹⁰ 項の非球面係数 E: Y ¹² 項の非球面係数 F: Y ¹⁴ 項の非球面係数				

【0042】図17に示した本発明の色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図において、波長変動が+5 nmあるときの点像強度分布を図20に示す。また、図17に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた光学系において、波長変動が+5 nmあるときの点像強度分布を図21に示す。図20からも明らかなように、この光学系では440 nm以下の短波長の光源を用いているにも関わらず、+5 nmの波長変動が生じて色収差の発生が抑制され、良好な光学特性を有している。すなわち、色収差補正用光学素子1にアッペ数の差が大となるように55以上と35以下の光* 50

40* 学材料を用いることにより、対物レンズ2で生じる色収差を良好に補正していることが判る。これに対して、図17に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた光学系では、図21から明らかなように、情報記録面3aで点像強度分布の中心が80%より小の6%であり、十分な収束スポットが得られないことが判る。

【0043】また、図22は、波長650 nmで色収差補正なしの場合、波長410 nmで色収差補正なしの場合および波長410 nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10 nmから+10 nm変動さ

せた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図22から明らかなように、波長が650nmの場合では色収差の補正が必要でないのに対して、波長が410nmの場合では色収差を補正しないと、±5nm以上の変動でStrehl値が80%以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。

【0044】上記した色収差補正用光学素子1は、光源からの出射光を平行光に変換するコリメータレンズとしての機能を兼用させることも可能であり、この場合には光学部品数を増加させることなく色収差を補正する光学ピックアップ装置を構成することができる。ところで、色収差補正用光学素子1を配設する位置は平行光束中に限定されるものではなく、発散光中や収束光中であって

もよい。この場合、たとえば図23の概略光学系構成図に示したように、発散光中に1枚以上のレンズで構成され、コリメータレンズ機能をも兼ねた色収差補正用光学素子1を配設しても同様の効果を得ることができる。図23に示した概略光学系構成図における光学系の波長440nmおよび色収差補正用光学素子1を用いない650nmでの設計値を表7および表8に示し、球面収差は図24(a)、非点収差は図24(b)、歪曲収差は図24(c)、画角0.5度での横収差は図25(a)、軸上での横収差は図25(b)に示す。

【0045】

【表7】

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射瞳 ϕ (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)		波長 λ = 440 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッベ数vd	440nmでの 屈折率N
OBJ	∞	20.0		
STO	∞	0.0		
S1	R : -5.23663 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	1.0	1.78472 / 25.71	1.823295
S2	R : -9.47002 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	0.1		
S3	R : 20.358 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	1.8	1.62004 / 36.26	1.641035
S4	R : 4.921 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	2.5	1.5168 / 64.17	1.526269
S5	R : -7.021 C : 0.0 K : 0.0 D : 0.0 A : 0.0 E : 0.0 B : 0.0 F : 0.0	3.0		
S6	R : 1.02246 C : -1.04969E-2 K : -0.700344 D : -7.13744E-3 A : 0.521041E-2 E : 0.0 B : -1.60629E-2 F : 0.0	1.1	1.438750 / 95.0	1.443854
S7	R : -2.44588 C : 0.195359E-1 K : 0.0 D : -4.45800E-2 A : 0.917902E-1 E : 0.0 B : -4.39814E-1 F : 0.0	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.811592		
S10	∞	0.6	1.5168 / 64.17	1.526269
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y^4 項の非球面係数 B: Y^6 項の非球面係数 C: Y^8 項の非球面係数 D: Y^{10} 項の非球面係数 E: Y^{12} 項の非球面係数 F: Y^{14} 項の非球面係数				

対物レンズ NA / 焦点距離 / 入射径 (0.55 / 1.8mm / 1.98mm)		波長 λ = 650 nm		
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈折率Nd / アッペ数vd	650nmでの 屈折率N
OBJ	∞	10.245243		
STO	∞	0.0		
S1	R : 21.47517 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	1.8	1.62004 / 36.26	1.615422
S2	R : 4.60808 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	2.5	1.5168 / 64.17	1.514523
S3	R : -6.83732 K : 0.0 A : 0.0 B : 0.0 C : 0.0 D : 0.0 E : 0.0 F : 0.0	3.0		
S4	R : 1.00962 K : -0.700344 A : 0.521041E-2 B : -1.60629E-2 C : -1.04969E-2 D : -7.13744E-3 E : 0.0 F : 0.0	1.040433	1.438750 / 95.0	1.437364
S5	R : -2.44588 K : 0.0 A : 0.917902E-1 B : -4.39814E-1 C : 0.195359E-1 D : -4.45800E-2 E : 0.0 F : 0.0	0.0		
S6	∞	0.0		
S7	∞	0.0		
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.838185		
S10	∞	0.6	1.5168 / 64.17	1.514523
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$ X: 面頂点からの深さ Y: 光軸からの高さ R: 近軸R K: 円錐定数 A: Y^4 項の非球面係数 B: Y^6 項の非球面係数 C: Y^8 項の非球面係数 D: Y^{10} 項の非球面係数 E: Y^{12} 項の非球面係数 F: Y^{14} 項の非球面係数				

【0047】図23に示した色収差補正用光学素子1を配設した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図26に示す。図23に示した概略光学系構成図から色収差補正用光学素子1を除いた概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を図27に示す。図26からも明らかのように、この光学系では440nm以下の短波長の光源を用いているにも関わらず、+5nmの波長変動が生じて点像強度分布の中心が80%より大の89%であり、色収差の発生が抑制されて良好な光学特性を有している。すなわち、色収差補正用光学素子1にアッペ*50

40*数の差が大となるように55以上と35以下の光学材料を用いることにより、対物レンズ2で生じる色収差を良好に補正していることが判る。これに対して、図27から明らかのように、対物レンズ2で色収差が発生してデフォーカスにより情報記録面3aでの点像強度分布の中心が80%を割る79%であり、十分な収束スポットを得るには不十分であることが判る。

【0048】また、図28は、波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動さ

せた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。図28から明らかなように、波長が650nmの場合では色収差の補正が必要でないのに対して、波長が440nmの場合では色収差を補正しないと、±5nm以上の変動でStrehl値が80%以下となり、色収差を補正する必要があることが判る。

【0049】以下、図1、9、17、23に示した本発明の色収差補正用光学素子1を具備する光学ピックアップ装置について、図29を参照して説明する。なお、図29では、代表して図9の概略光学系構成図に示した色収差補正用光学素子1と対物レンズ2とを用いた事例を示しているが、図1、17、23の概略光学系構成図に示した色収差補正用光学素子1と対物レンズ2とを用いてもよいことは言うまでもない。

【0050】光学ピックアップ装置を構成する光源（図示せず）、たとえば半導体レーザからは波長が440nmの直線偏光ビームが射出され、たとえば回折格子（図示せず）により回折され0次光および±1次光に分割され、これらはコリメータレンズ（図示せず）により平行光に変換される。平行光に変換された直線偏光ビームは偏光ビームスプリッタ4を透過し、1/4波長板5において直線偏光ビームが円偏光ビームに変換され、色収差補正用光学素子1を透過する。このとき、半導体レーザから射出された波長440nmの直線偏光ビームに波長変動が生じていた場合、色収差補正用光学素子1において、対物レンズ2の正の屈折力で生じる色収差とは逆の極性を有する色収差が生じ、情報記録面3aに照射される収束スポットの色収差をキャンセルすることとなる。色収差補正用光学素子1を透過した円偏光ビームは、対物レンズ2を介して光記録媒体3の信号記録面3aに収束される。

【0051】光記録媒体3の情報記録面3aで反射された円偏光ビームは対物レンズ2、色収差補正用光学素子1を透過し、1/4波長板5において往きの直線偏光ビームとは偏光方向が90度回転した直線偏光ビームに変換される。この往きの直線偏光ビームと偏光方向が90度回転した直線偏光ビームは偏光ビームスプリッタ4で反射され、フォーカシングレンズ6、マルチレンズ7を透過して光検出器8に集光される。この光検出器8は複数に分割された受光素子を有しており、複数に分割された受光素子に照射される0次光および±1次光の光量に基づく演算処理が行われ、フォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号およびRF信号等が検出される。対物レンズ2は、たとえば対物レンズ2をフォーカシング方向とトラッキング方向とに制御駆動する二軸アクチュエータに具備されており、上記したフォーカシングエラー信号およびトラッキングエラー信号に基づく制御信号により、フォーカシングサーボおよびトラッキングサーボのフィードバックサーボが行われる。

【0052】上記した色収差補正用光学素子1を具備し

た光学ピックアップ装置は、波長がほぼ440nmあるいは440nm以下である短波長の光源を用いて高周波重畳を行っても色収差を十分補正し、またモードホッピングが生じて色収差を十分補正するので、光記録媒体3のさらなる高記録密度大容量化に対応することができる。

【0053】以下、上記した光学ピックアップ装置を具備する光再生装置および光記録再生装置について、代表して光記録再生装置の概略構成図である図30を参照して説明する。

【0054】光記録再生装置はスピンドルモータ10、送りモータ12および光学ピックアップ装置9等により概略構成されており、これらは光記録再生装置全体を制御するシステムコントローラ14により制御される。そして、光学ピックアップ装置のトラッキング方向への移動は、ガイド機構（図示せず）とリニアモータ等で構成された送りモータ12とで構成される制御駆動手段により行われる。たとえば、スピンドルモータ10にチャッキングされた光記録媒体3を再生する場合、システムコントローラ14からのコントロール信号がサーボ制御回路13と変復調回路11に供給される。コントロール信号が供給されたサーボ制御回路13では、スピンドルモータ10をフォーカシング引き込み状態に設定された回転数で回転させるとともに送りモータ12を駆動し、光学ピックアップ装置9を、たとえば光記録媒体3の内周側に移動させる。光記録媒体3の内周側に移動した光学ピックアップ装置9では、フォーカスサーチ動作によりフォーカシングサーボをかけ、後にトラッキングサーボをかけることが行われる。

【0055】光学ピックアップ装置9を構成する光検出器により検出されたフォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号および光記録媒体3の何処を読み出しているかの位置情報等は変復調回路11に供給される。このうちのフォーカシングエラー信号およびトラッキングエラー信号はフィルタリングされ、フォーカシング制御信号およびトラッキング制御信号としてシステムコントローラ14を介してサーボ制御回路13に供給される。サーボ制御回路13はフォーカシング制御信号によって光学ピックアップ装置9を構成する、たとえば二軸アクチュエータのフォーカシングコイルを駆動し、トラッキング制御信号によって光学ピックアップ装置9を構成する二軸アクチュエータのトラッキングコイルを駆動する。トラッキング制御信号の低域成分はシステムコントローラ14を介してサーボ制御回路13に供給され、送りモータ12を駆動する。これらによって、フォーカシングサーボ、トラッキングサーボおよび送りサーボのフィードバックサーボが行われる。また、光記録媒体3の何処を読み出しているかの位置情報は変復調回路11により処理され、スピンドル制御信号としてスピンドルモータ10に供給され、スピンドルモータ10にチャッ

キングされた光記録媒体3の再生位置に応じた所定の回転数に制御駆動され、ここから実際の再生が開始される。そして、変復調回路11により処理されて復調された再生データは外部回路15を介して外部に伝送される。

【0056】スピンドルモータ10にチャッキングされている光記録媒体3に、たとえば外部から供給される外部データを記録する場合、フォーカシングサーボ、トラッキングサーボおよび送りサーボのフィードバックサーボをかけるまでは再生と同様の過程を経る。システムコントローラ14からは外部回路15を介して入力される入力データを光記録媒体3の何処に記録するかのコントロール信号がサーボ制御回路13および変復調回路11に供給される。サーボ制御回路13では、スピンドルモータ10を所定の回転数に制御するとともに、送りモータ12を駆動して光学ピックアップ装置9を情報記録位置に移動させる。また、外部回路15を介して変復調回路11に入力された入力信号は、変復調回路11において記録フォーマットに基づく変調が行われ、光学ピックアップ装置9に供給される。光学ピックアップ装置9では変調信号に基づく出射光の変調および情報記録位置に基づく出射光パワーが制御されて光記録媒体3に照射され、光記録媒体3への記録が開始される。なお、光記録媒体3が回転数一定で記録再生される、いわゆるCAV (Constant Angular Velocity) ディスクである場合は、光記録媒体3の何処を読み出しているかの位置情報等は不要であり、スピンドルモータ10は一定の回転数となるように制御される。

【0057】再生専用の光再生装置および記録と再生の両方可な光記録再生装置に具備される光学ピックアップ装置9に本発明の色収差補正用光学素子1が構成されていれば、光源のモードホッピングや光源である半導体レーザの高周波重畳により生じる色収差、とくに光源に短波長であるほぼ440nmあるいは440nm以下のものを使用したときに生じる色収差に対して有効に補正することができ、光記録媒体3のさらなる高密度大容量化に対応することができる。

【0058】

【発明の効果】本発明の色収差補正用光学素子によれば、440nm以下の短波長光源を用いた場合に主に対物レンズで発生する色収差を十分補正することができる。そして、この色収差補正用光学素子と短波長の光源とで光学系を構成した光学ピックアップ装置およびこの光学ピックアップ装置を具備した光再生装置ならびに光記録再生装置は色収差が十分に補正することができるので、光記録媒体のさらなる高記録密度大容量化に対応することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の色収差補正用光学素子を配設した概略光学系構成図である。

【図2】 図1の概略光学系構成図から色収差補正用光学素子を除いた概略光学系構成図である。

【図3】 図1に示した概略光学系構成図において、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図4】 図1に示した概略光学系構成図において、(a)は画角0.5度での横収差、(b)は軸上での横収差を示す。

【図5】 図2に示した概略光学系構成図において、波長変動がない場合の点像強度分布を示す図である。

【図6】 図2に示した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図7】 波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。

【図8】 図1に示した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図9】 本発明の他の色収差補正用光学素子を配設した概略光学系構成図である。

【図10】 図9の概略光学系構成図から色収差補正用光学素子を除いた概略光学系構成図である。

【図11】 図9に示した概略光学系構成図において、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図12】 図9に示した概略光学系構成図において、(a)は画角0.5度での横収差、(b)は軸上での横収差を示す図である。

【図13】 図10に示した概略光学系構成図において、波長変動がないときの点像強度分布を示す図である。

【図14】 図10に示した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図15】 図9に示した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図16】 波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。

【図17】 本発明のさらに他の色収差補正用光学素子を配設した概略光学系構成図である。

【図18】 図17に示した概略光学系構成図において、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図19】 図17に示した概略光学系構成図において、(a)は画角0.5度での横収差、(b)は軸上での横収差を示す図である。

【図20】 図17に示した概略光学系構成図において、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図21】 図17に示した概略光学系構成図において、色収差補正用光学素子を配設せず、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図22】 波長650nmで色収差補正なしの場合、波長410nmで色収差補正なしの場合および波長410nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。

【図23】 本発明の色収差補正用光学素子を発散光中に配設した概略光学系構成図である。

【図24】 図23に示した概略光学系構成図において、(a)は球面収差、(b)は非点収差、(c)は歪曲収差を示す。

【図25】 図23に示した概略光学系構成図において、(a)は画角0.5度での横収差、(b)は軸上での横収差を示す図である。

【図26】 図23に示した概略光学系構成図におい

て、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布を示す図である。

【図27】 図23に示した概略光学系構成図において、色収差補正用光学素子を配設せず、波長変動が+5nmあるときの点像強度分布図を示す図である。

【図28】 波長650nmで色収差補正なしの場合、波長440nmで色収差補正なしの場合および波長440nmで色収差補正ありの場合について、中心波長に対して-10nmから+10nm変動させた場合のStrehl値の変動を示すグラフである。

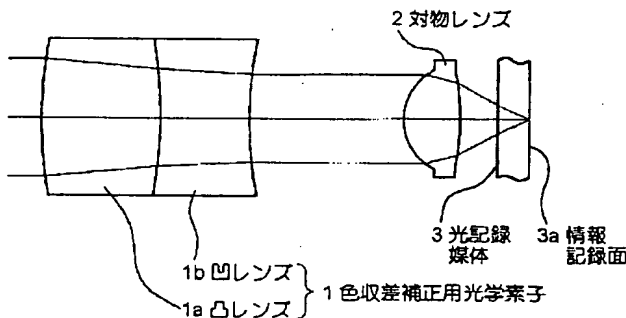
【図29】 本発明の光学ピックアップ装置の概略構成図である。

【図30】 本発明の光記録再生装置の概略構成図である。

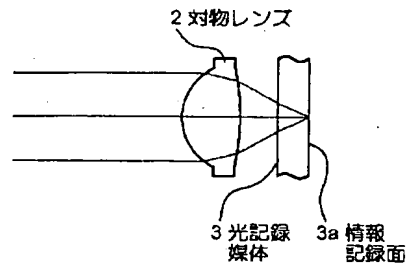
【符号の説明】

1…色収差補正用光学素子、1a…凸レンズ、1b…凹レンズ、2…対物レンズ、3…光記録媒体、3a…情報記録面、4…偏光ビームスプリッタ、5…1/4波長板、6…フォーカシングレンズ、7…マルチレンズ、8…光検出器、9…光学ピックアップ装置、10…スピンドルモータ、11…変復調回路、12…送りモータ、13…サーボ制御回路、14…システムコントローラ、15…外部回路

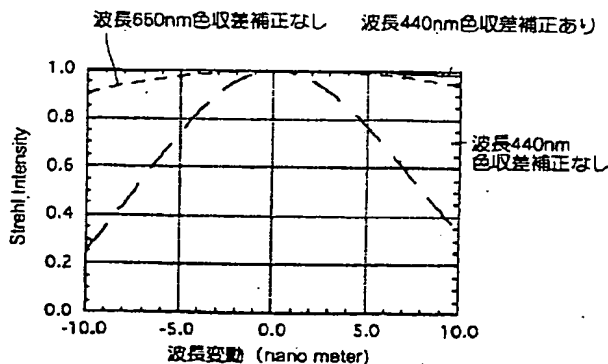
【図1】



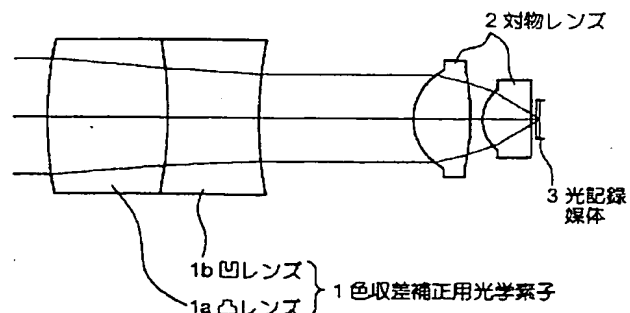
【図2】



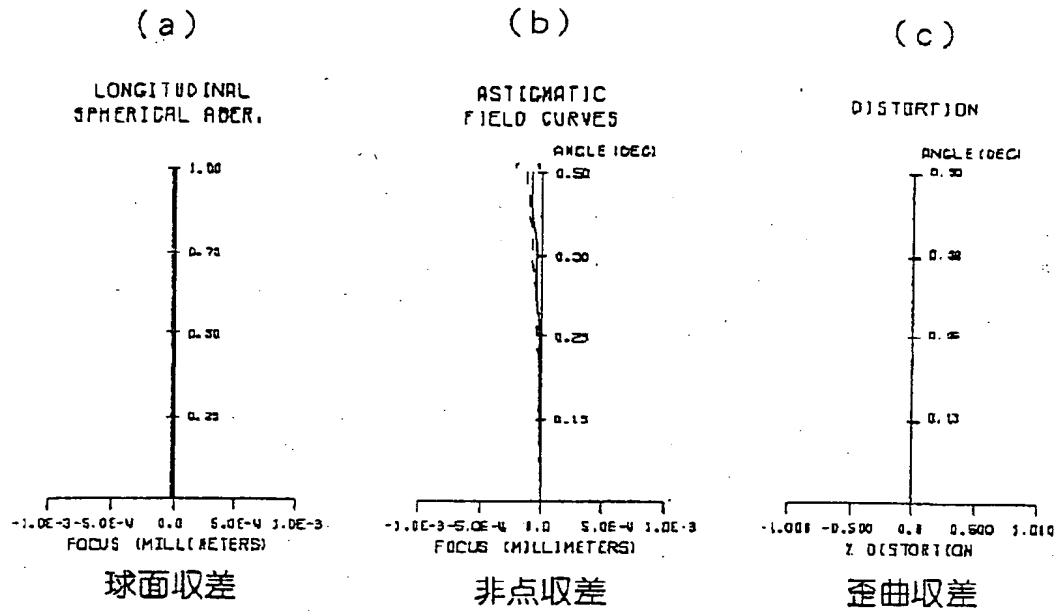
【図7】



【図9】

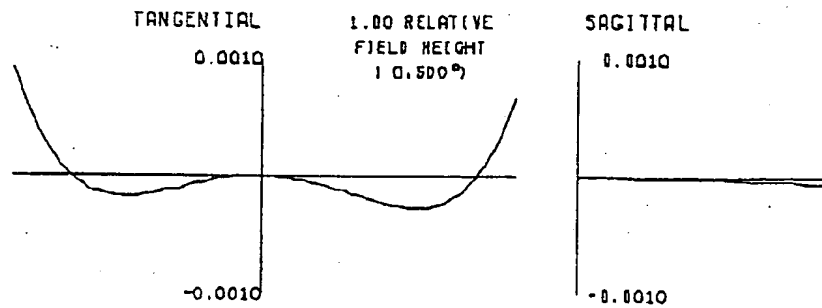


【図3】

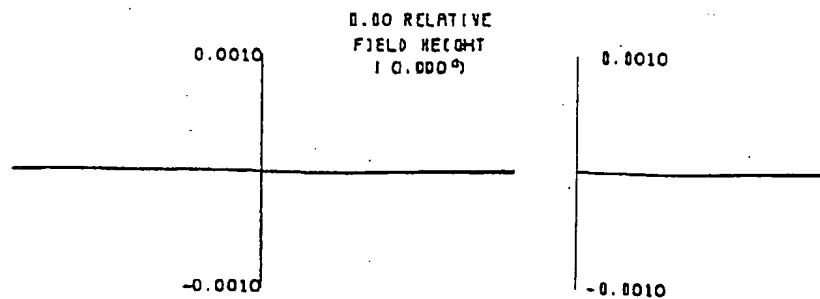


【図4】

(a) 画角0.5度での横収差

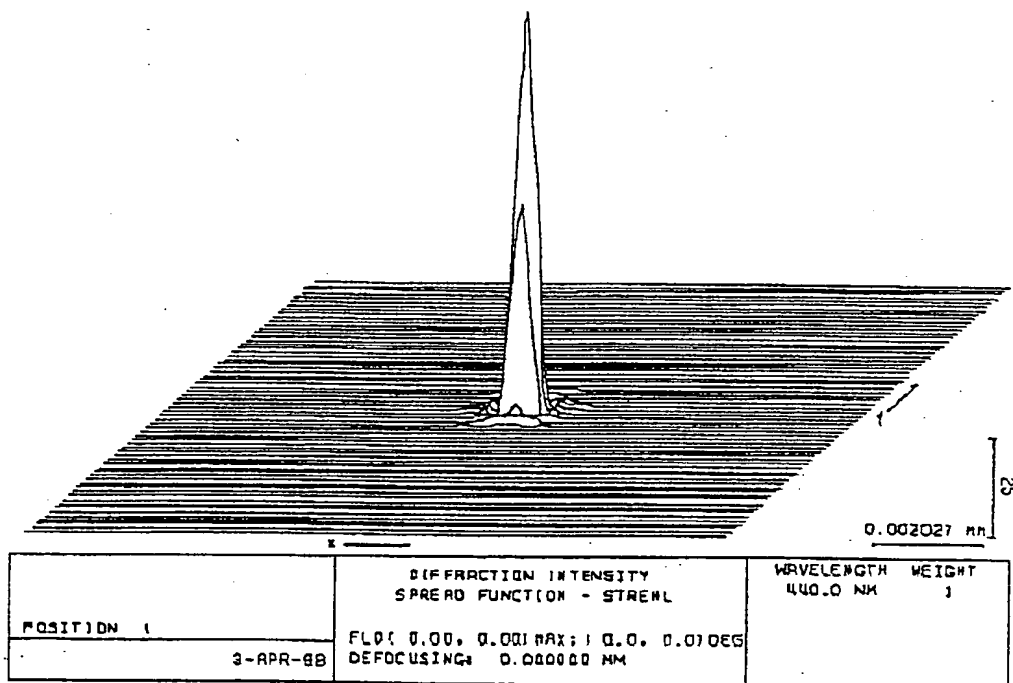


(b) 軸上での横収差



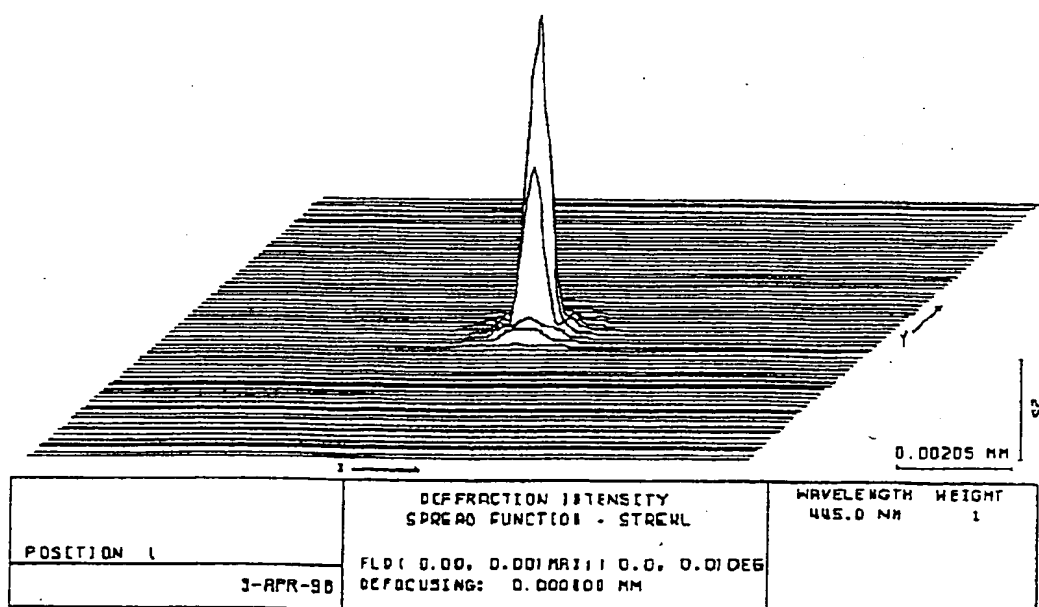
【図5】

100%

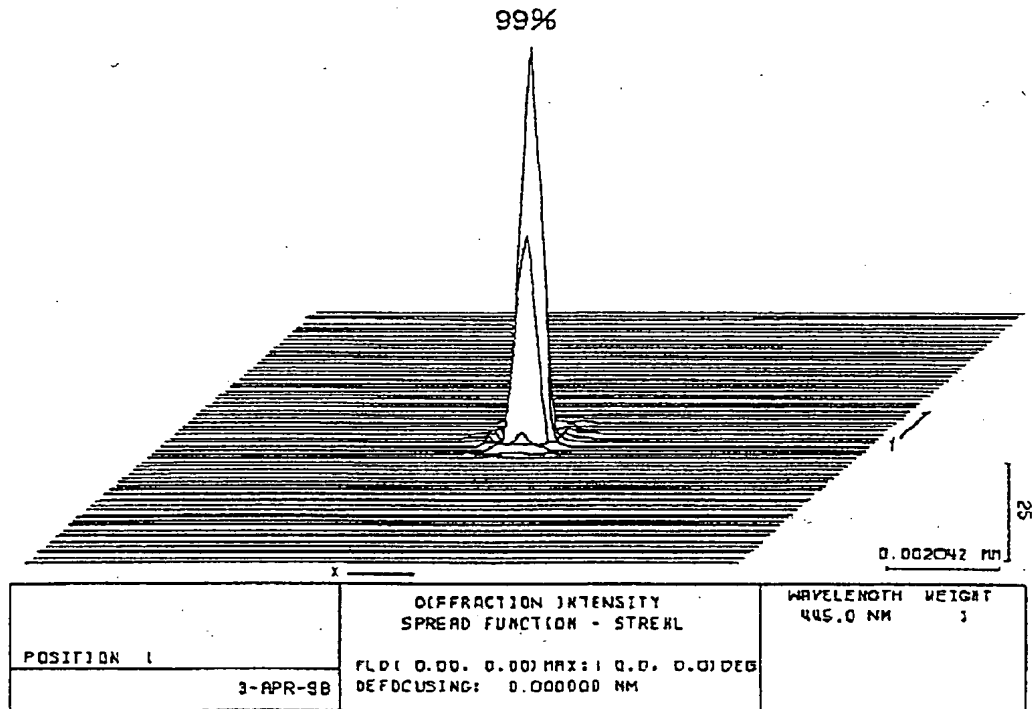


【図6】

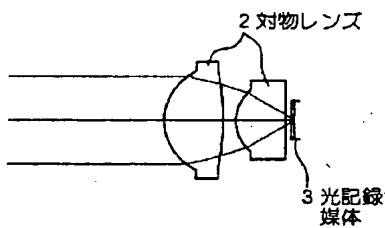
77%



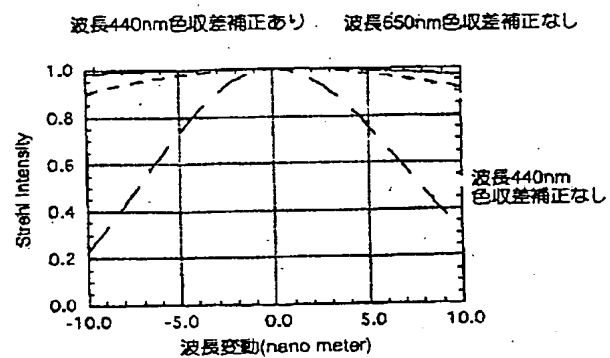
【図8】



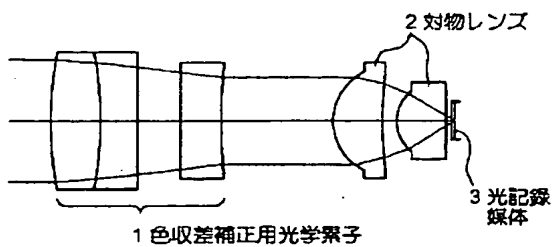
【図10】



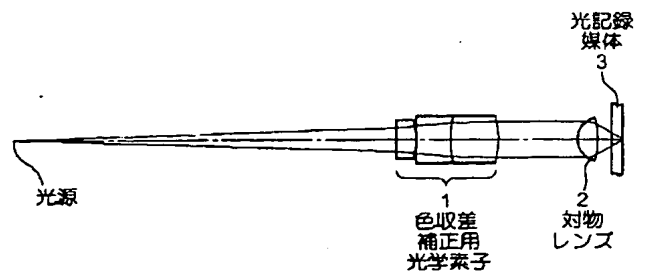
【図16】



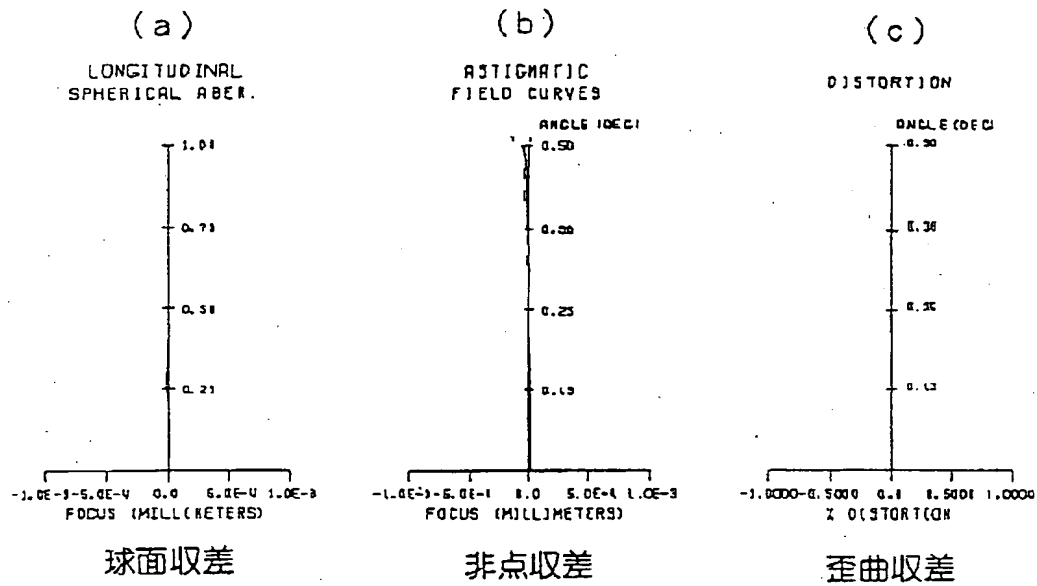
【図17】



【図23】

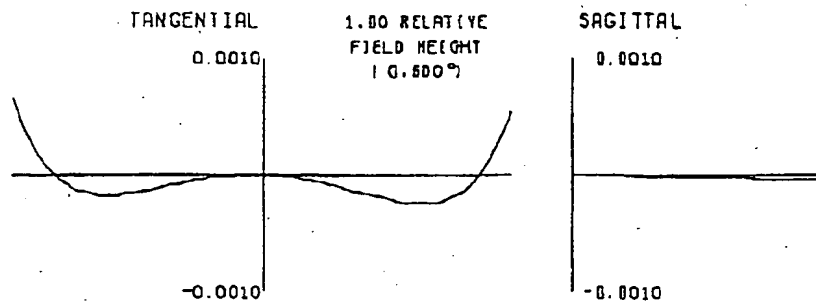


【図11】

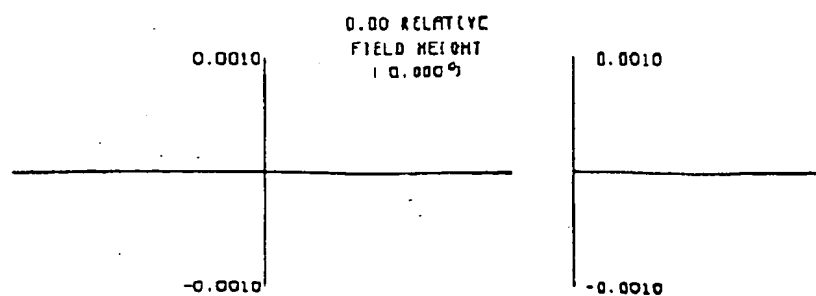


【図12】

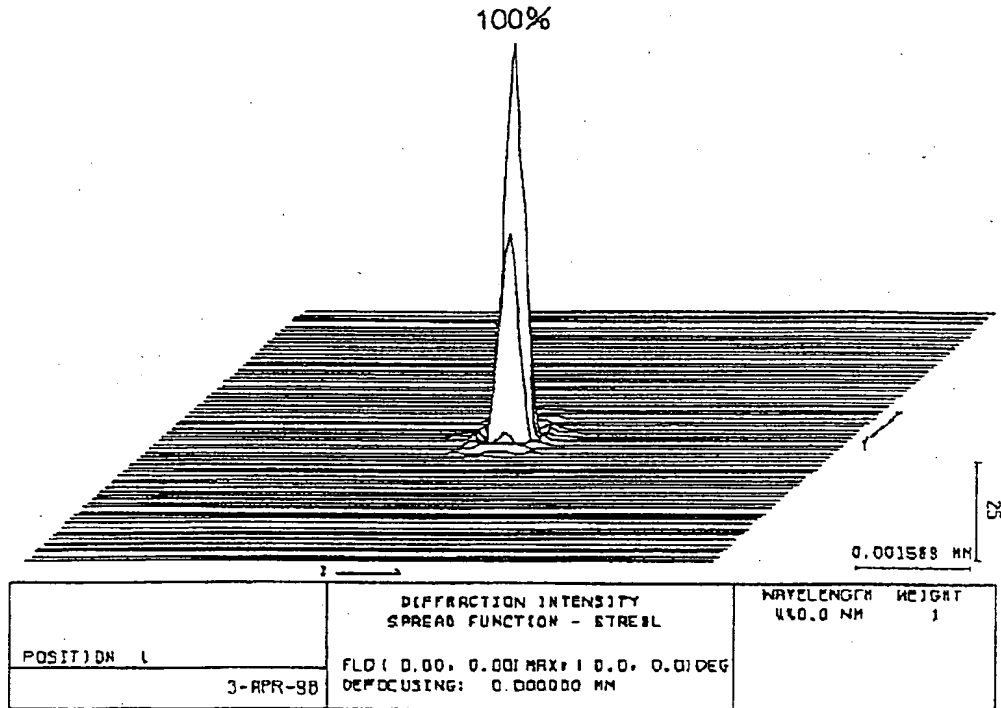
(a) 画角0.5度での横収差



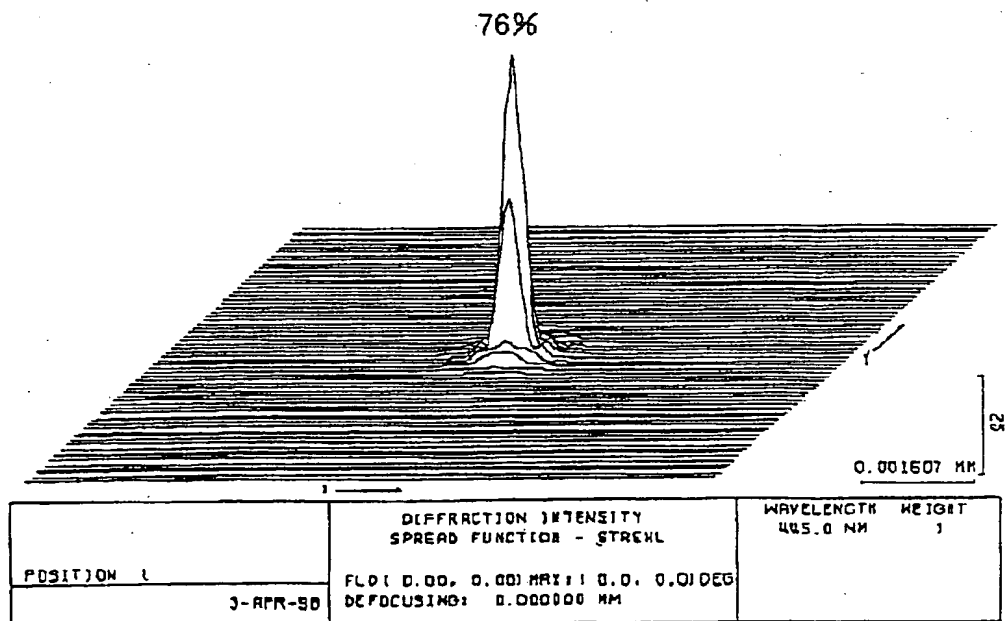
(b) 軸上での横収差



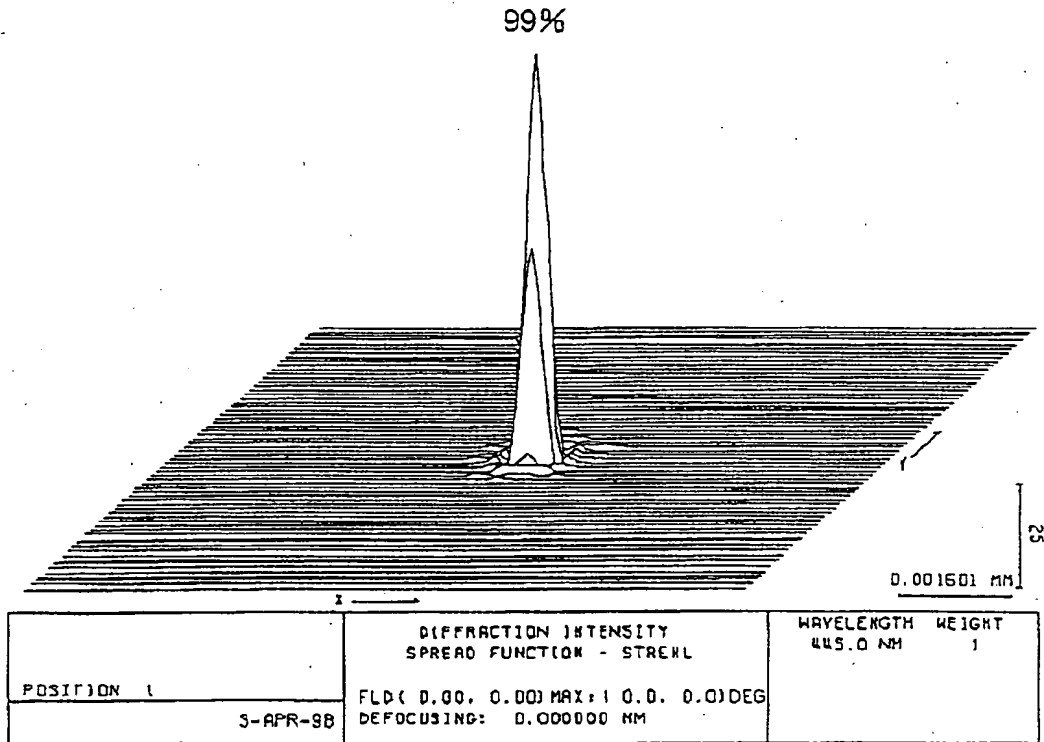
【図13】



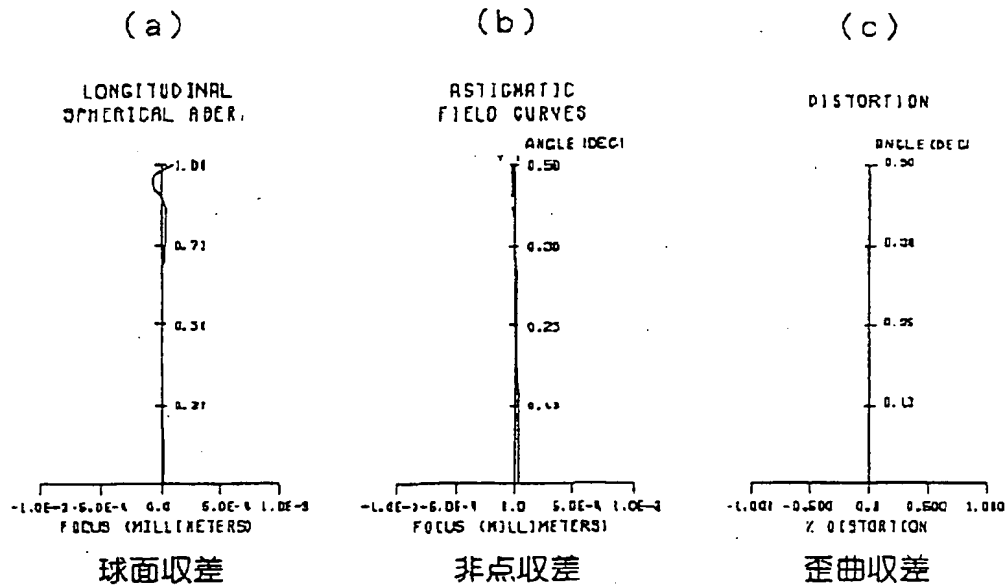
【図14】



【図15】

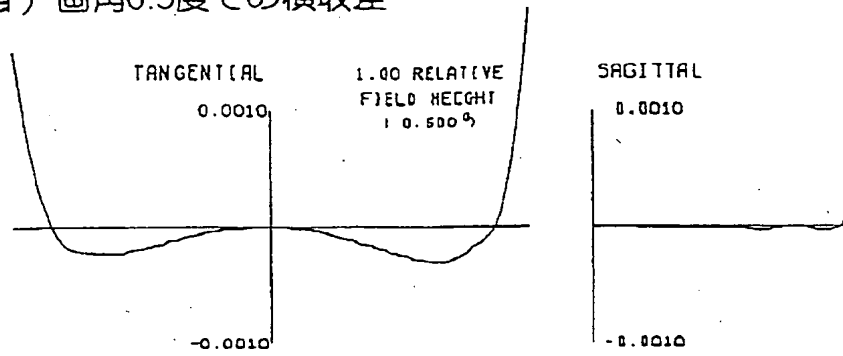


【図18】

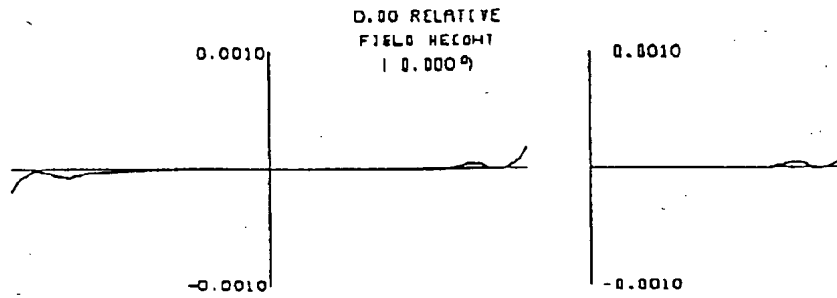


【図19】

(a) 画角0.5度での横収差

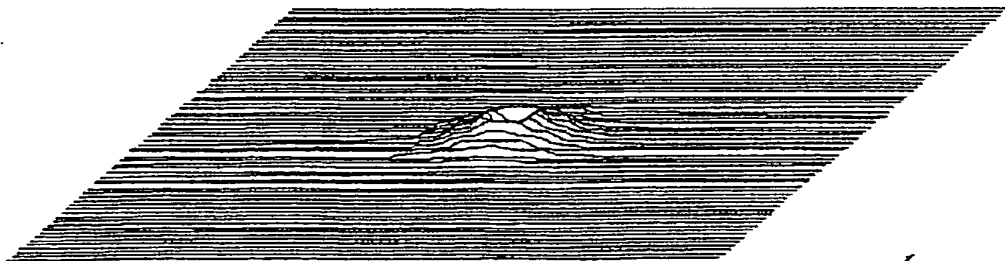


(b) 軸上での横収差



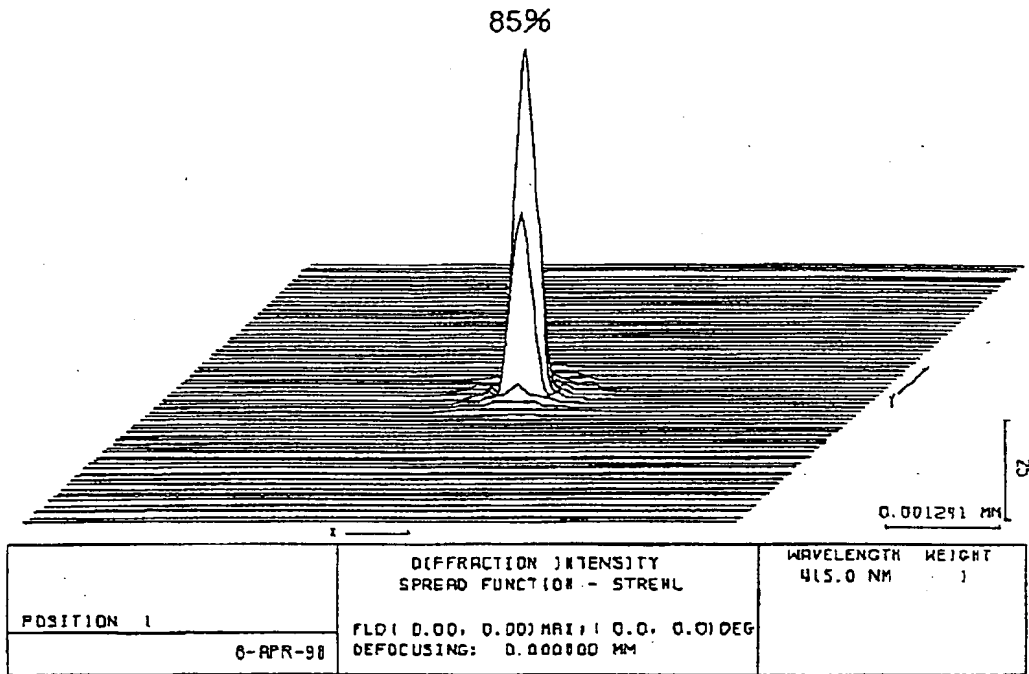
【図21】

6%

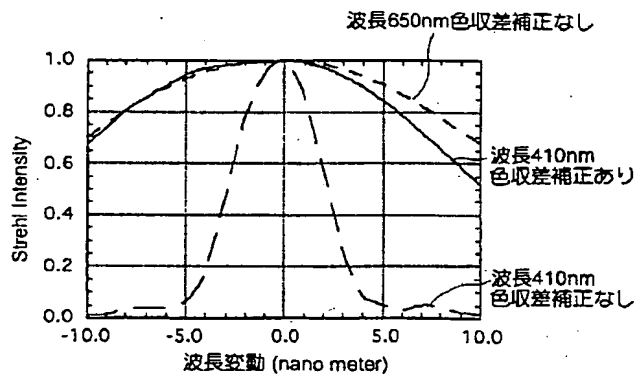


POSITION 1 6-APR-98	DIFFRACTION INTENSITY SPREAD FUNCTION - STREHL FLD(0.00, 0.00) MAX: 1 0.0, 0.00000 DEFOCUSING: 0.000000 MM	WAVELENGTH 415.0 NM WEIGHT 1
------------------------	--	---------------------------------

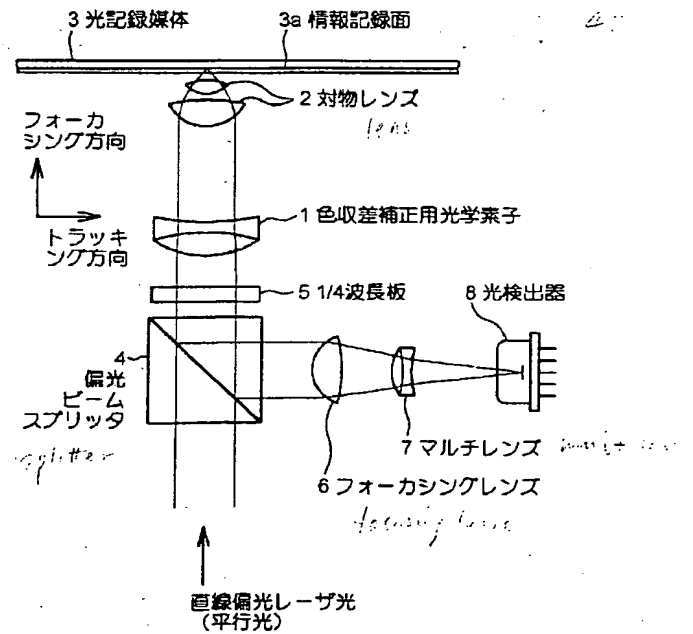
【図20】



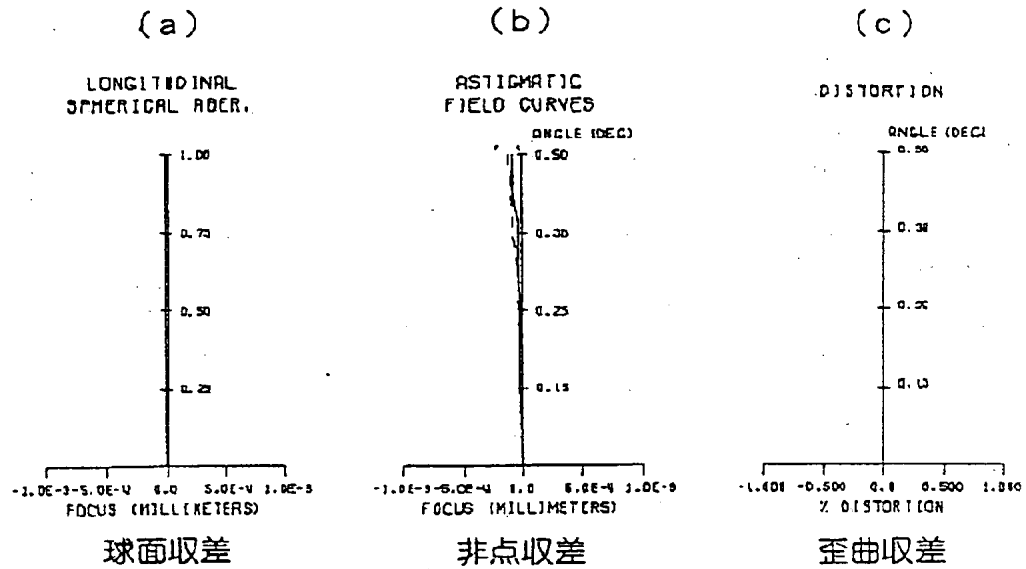
【図22】



【図29】

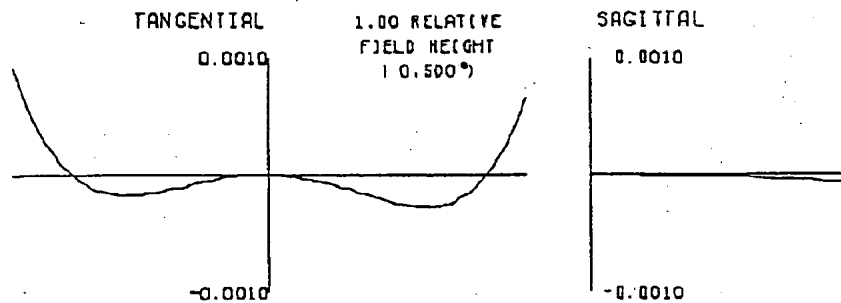


【図24】

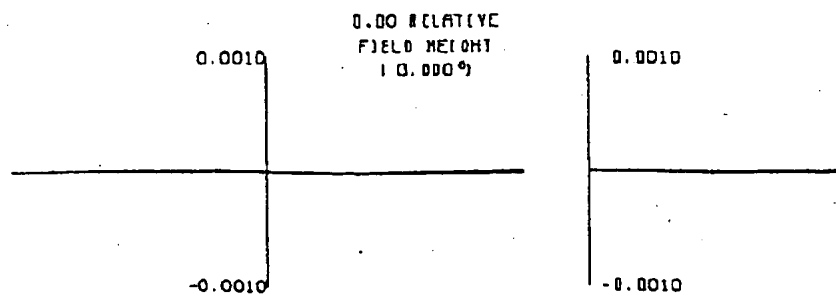


【図25】

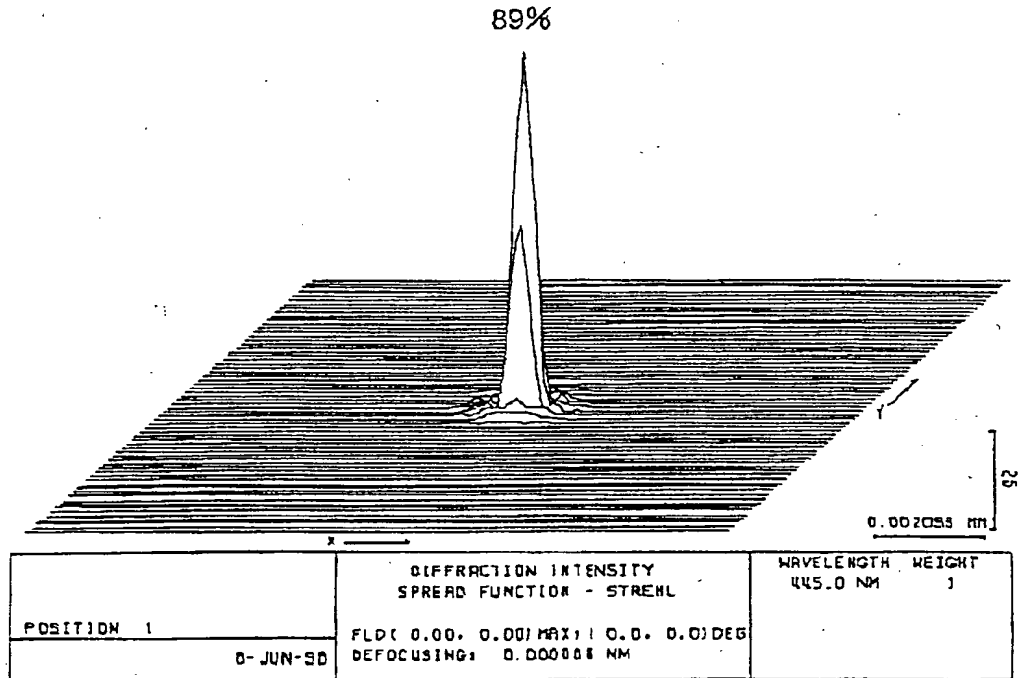
(a) 画角0.5nmでの横収差



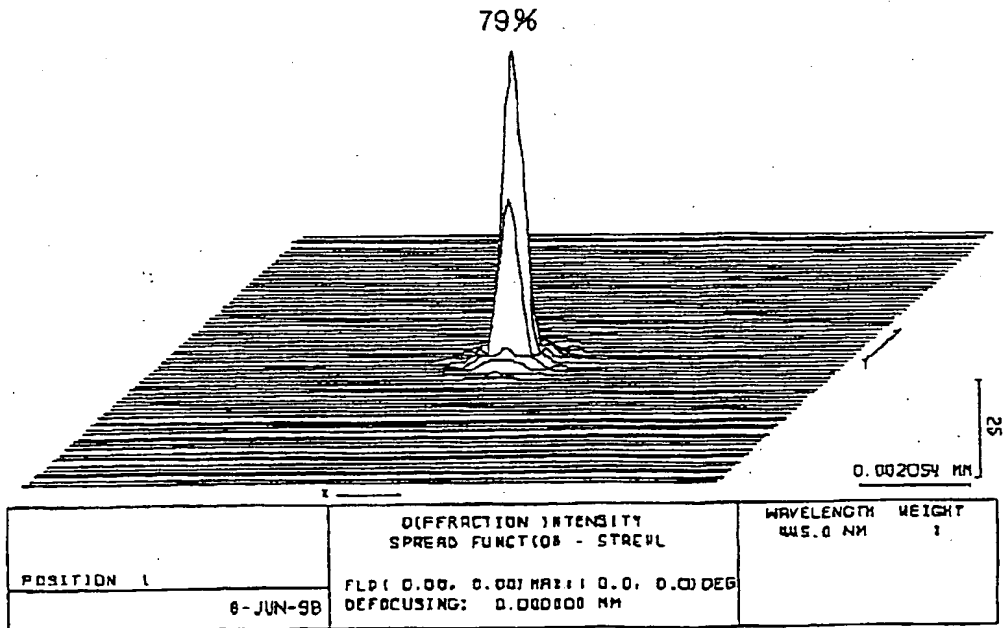
(b) 軸上での横収差



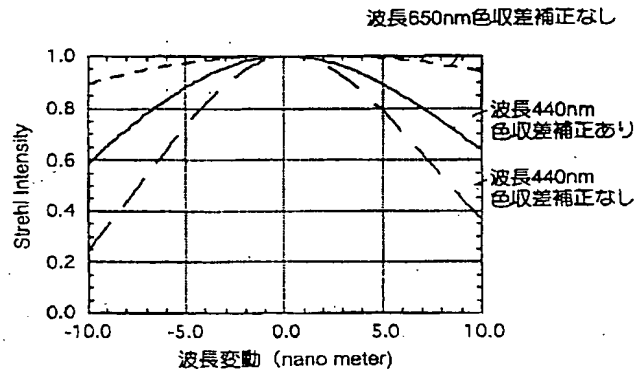
【図26】



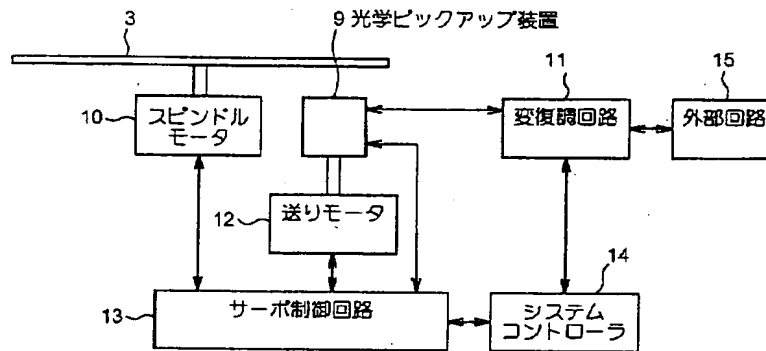
【図27】



【図28】



【図30】



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 俊夫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(72)発明者 鈴木 彰
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(72)発明者 大里 潔
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 NA14 PA01 PA02
PA03 PA17 PA18 PB01 PB03
PB04 QA02 QA03 QA05 QA06
QA07 QA12 QA14 QA21 QA22
QA25 QA26 QA33 QA34 QA41
QA42 QA45 QA46 RA05 RA12
RA13 RA42
5D075 AA03 CD06 CD17 CD18
5D119 EC03 HA63 JA02 JA43 JB01
JB02 JB04